pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 3, pp. 312~316 (2012)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내 식품냉장창고 온도분포 분석 및 적정 확률분포모델 설정

김형태 · 김상규 · 백옥진[1] · 박경진*
군산대학교 식품영양학과, [1]식품의약품안전평가원 오염물질과

The Survey of Cold Storage Temperature and Determine of Appropriate Statistics Probability Distribution Model

Hyong-Tae Kim, Sang-Kyu Kim, Ok-Jin Behk[1], and Gyung-Jin Bahk*
Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk, 573-701, Korea
[1]National Institute of Food & Drug Safety Evaluation, Food Contaminants Division, Cheongwon-gun, Chungbuk 363-951, Korea
(Received March 4, 2012/Revised May 22, 2012/Accepted June 30, 2012)

ABSTRACT - This study was to present the proper probability distribution models that based on the data for surveys of food cold storage temperatures as the input variables to the further MRA (Microbial risk assessment). The temperature was measured by directly visiting 7 food plants. The overall mean temperature for food cold storages in the survey was 2.55 ± 3.55°C, with 2.5% of above 10°C, –3.2°C and 14.9°C as a minimum and maximum. Temperature distributions by space-locations was 0.80 ± 1.69°C, 0.59 ± 1.68°C, and 0.65 ± 1.46°C as an upper (2.4~4 m), middle (1.5~2.4 m), and lower (0.7~1.5 m), respectively. Probability distributions were also created using @RISK program based on the measured temperature data. Statistical ranking was determined by the goodness of fit (GOF) to determine the proper probability distribution model. This result showed that the LogLogistic (–4.189, 5.9098, 3.2565) distribution models was found to be the most appropriate for relative MRA conduction.

Key words: cold food storage, temperature distribution, MRA (microbial risk assessment), probability distribution model

식중독 발생에 있어 부적절한 냉장온도관리는 국내외적으로 주요 원인으로 규명되고 있으며[1)], 냉장보관이 요구되는 식품은 보관, 유통, 판매 중 주변 온도에 따라 병원성 미생물의 성장이 나타날 수 있는데, 특히, *Listeria monocytogenes* 등은 0°C 또는 그 이하의 냉장온도에서도 성장이 가능한 것으로 보고되고 있기[2)] 때문에 식품안전에 있어 냉장보관에 대한 온도관리는 매우 중요하다[3)].

1998년 1월부터 2008년 10월까지 우리나라에서 발생한 식품안전사건 및 사고에 대한 언론매체의 보도자료 등을 중심으로 식품안전사고의 발생단계별 분석결과를 보면 원료생산단계 및 제조 공정에서 많은 원인을 제공하였지만, 유통과정에서도 약 7.7%의 원인을 제공하고 있어, 보관, 유통, 판매과정의 관리도 중요한 것으로 볼 수 있다[4)]. 냉장보관 및 운송 등에 있어 보관 및 유통상의 잘못으로 식품의 품질 및 안전적인 문제가 발생하여 회수 및 폐기된 식품의 경제적 가치 또한 상당할 것으로 예상 된다.

국내 식품공전상의 보존 및 유통기준은 냉장 0~10°C, 냉동 –18°C로 규정되어 있지만[5)] 식품제조 및 유통기업의 냉장창고에서 규정이 잘 지켜지고 있는 지에 대한 실태조사는 미비하다. 또한 실질적으로 설정온도에 따른 온도와 제상 중 냉장창고의 내부 온도변화에 대한 데이터 또한 부족하다.

한편으로 최근 식품안전성 확보는 원료에서부터 제조, 가공, 보관 및 유통, 그리고 마지막 소비단계에서 식품내외에 존재하는 위해요소(hazards) 및 위해인자(risk factors)를 규명해 내고, 이들에 대한 위해수준(risk level)을 과학적이고 체계적으로 평가하는 것으로부터 시작된다[6,7)]. 위해요소 또는 위해인자가 미생물학적 요인과 관련된다면 이는 미생물 위해평가(microbial risk assessment: MRA)로 수행될 수 있다[8)].

MRA 수행과 관련해서 국내에서 가장 부족한 자료는 위해수준 추정을 위한 시뮬레이션 모델에서 입력변수로 활용되는 관련인자 및 환경(온도와 시간 등)에 대한 기초자료와 이를 바탕으로 결정된 적정 확률분포모델이다[6,7)]. 따

*Correspondence to: Gyung-Jin Bahk, Department of Food and Nutrition, Kunsan National University 1170-Daehakro, Gunsan, Jeonbuk 573-701, Korea
Tel: 82-63-469-4640, 82-10-2381-5175, Fax: 82-63-466-2085
E-mail: bahk@kunsan.ac.kr

라서 본 연구는 국내 여러 환경요인 중 유통·보관 단계에 해당되는 냉장식품 보관창고 온도에 대한 조사를 수행하여 현재의 시점에서 국내 냉장식품 보관 온도분포를 추정하고, 이를 MRA의 입력변수로 활용할 수 있도록 적정 확률분포 모델을 제시하여, MRA 수행을 통한 관련 식중독균 대한 위해수준 평가 및 냉장보관식품 온도관리 등 보관관리에 대한 안전성을 확보하는데 기여하고자 한다.

재료 및 방법

조사대상 및 기간

국내 식품냉장창고의 온도분포를 조사하기 위해 전국적으로 43개 업소에 요청을 의뢰하였고, 이중 온도측정을 허용한 식품보세창고업소 3곳, 식품제조가공업소 4곳에 대해 현장방문을 실시하고, 소유하고 있는 냉장창고에 대해 온도측정을 실시하였다. 이들 조사대상 업소 위치는 전국적으로 분포하고 있으며, 조사기간은 2010년 6월부터 2011년 1월까지 3회 이상 방문하여 실시하였다.

냉장창고 온도측정

냉장창고의 온도측정은 실시간으로 일정 간격을 두고 온도 측정, 저장할 수 있는 장치인 Data logger (3M Temperature Logger TL20, 3M, St. Paul, MN, USA)를 이용하였으며, 온도 측정시간은 15분 간격으로 최소 48시간에서 72시간이상 각 업체의 조건에 따라 조정하여 연속적으로 반복 측정하였다. 온도 측정 위치는 1개 냉장창고에 대해 공간적으로 하단(0.7~1.5 m), 중단(1.5~2.4 m), 상단(2.4~4 m) 등 3단으로 구분하였고, 각 단에 대해 9곳에 온도계를 설치하여, 최종적으로는 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 곳에 대한 공간별 온도를 측정하여 공간상의 분포도 추정하였다, 이와 같은 설치가 불가능한 냉장창고의 경우에는 식품의 적재가 많은 장소에 온도계를 평면으로 설치하였다. 공간에 대한 온도측정과 동시에 각 냉장 창고별 설정온도도 동시에 조사하여 기록하였다.

통계분석 및 확률분포모델 설정

측정하여 정리한 온도자료(28,552개)는 SPSS (Ver. 12.0, Statistical Package for the Social Sciences, Inc., USA)를 이용하여, 그룹별 평균과 표준편차를 산출하고, 공간별로 측정된 온도분포는 Duncan 검정(Duncan's test)를 실시하여 공간 위치 별 온도차이를 분석하였다. 조사대상 업소 수에 대한 한계를 극복하기 위하여 통계적으로 조사자료를 확률분포모델 전환하였으며, 이 전환 과정과 적정 확률분포모델 설정은 @RISK(Ver. 5.5, Palisade, Newfield, NY, USA)의 "Fit distributions function"을 이용하였다[9]. 우선 온도 자료를 Excel spreadsheet 프로그램(Microsoft Corp., Redmond, WA, USA)으로 옮겨 @RISK프로그램에서 활용 가능한 37개의 확률분포모델(distribution palette) 중 연속확률분포모델에 해당하는 31개를 선정하였다. 이후 Fitting과정을 수행하여 이중 본 온도 자료에 적용할 수 있는 후보 확률분포모델로 11개가 선정되었으며, 최종적으로 적합성 검정(Goodness-of-fitting; GOF)을 통해 가장 적정한 한 개의 확률분포 모델을 제시하였다. 즉, 입력자료에 대한 적정 확률분포모델 선정을 위한 적합성 검정(GOF)에는 K-S (the Kolmogorov-Smirnov)와 A-D (Anderson - Darling) test의 결과를 활용하였다. 이들 test 결과값이 작을수록 적합성은 더 높다라고 인정되고 있어[9], 가장 낮은 값을 갖는 확률분포모델을 해당자료에 가장 적합한 모델로 선정하였고(Table 2), 최종적으로 제시된 모델과 실제 조사된 온도 값과의 비교 그림을 제시(customizing)하였다(Fig. 1).

결과 및 고찰

설정온도와 실제 공간온도 분포

조사된 냉장창고 업소의 설정온도와 실제 공간상에서 측정된 온도분포는 Table 1과 같으며, 온도에 대한 빈도분포는 Fig. 1과 같다. 설정온도는 최대 10°C에서 최저 −2°C, 평균값은 4.0 ± 4.65°C로 분포되었으며(Table 1), 생산 및 보관하는 식품의 종류에 따라 냉장창고의 온도는 약간 다르게 설정하는 것으로 조사되었다. 실제 공간상의 온도분포는 최저 −3.2°C, 최대 14.9°C, 평균 2.55 ± 3.55°C로 나타났고(Table 1), 10°C이상 비율은 2.5%로 나타났다. 실제 측정된 공간상의 온도분포와 설정온도와의 차이를 분석한 결과, 참여업소 대부분의 냉장창고 온도는 설정온도보다 높은 것으로 나타났다. 하지만 일부 설정온도가 2°C, 3°C인 업체에서는 설정온도에 근접한 평균온도를 나타내기도 하였다. 설정온도는 온도감응장치에서 측정된 온도의 영향을 받기 때문에 국내 HACCP 규정에서는 온도감응장치의

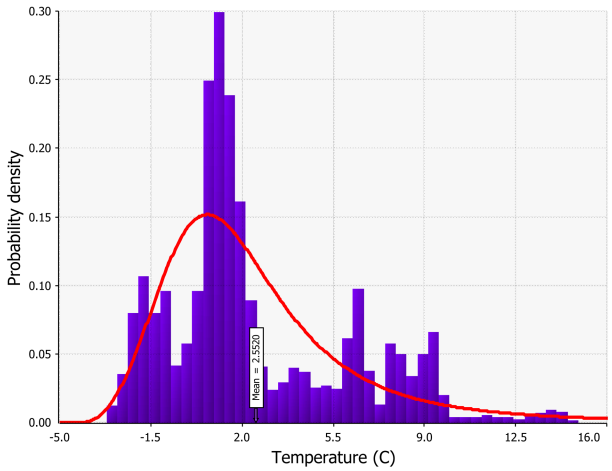

Fig. 1. The frequency distribution and fitting results (LogLogistic probability distribution) for measured temperatures in space of cold storage warehouse in Korea.

Table 1. The distributions and differences between established and measured temperature in space of cold storage warehouse in Korea

Established temperatures (°C)	No. of cold storage warehouse	Measured minimum temperature (°C)	Measured temperature mean ± S.D. (°C)	Measured maximum temperature (°C)
10	2	8.9	12.3 ± 1.56	14.9
5	1	5.7	6.5 ± 0.34	9.1
3	1	0.1	2.4 ± 0.79	6.6
2	1	0.4	1.3 ± 0.52	6.6
0	1	−1.5	0.6 ± 0.54	2.5
−2	1	−3.2	−1.28 ± 0.39	2.2
Total / mean ± S.D.	7		2.55 ± 3.55	

위치는 냉각기와 가장 먼 곳으로 되어 있지만, 적재방법, 제품의 양, 냉기의 속도 등 여러 요인이 온도감응장치에 다양한 영향을 주는 것으로 보고되고 있다[10].

냉장창고의 설정온도를 10°C로 하고 있는 업소의 경우, 실제 공간상의 측정온도의 평균은 12.3°C, 최고 14.9°C, 최저 8.9°C로 조사되어(Table 1) 설정온도를 10°C로 하였을 때 평균적으로 식품 중심부의 온도는 10°C이하로 떨어지지 않을 수도 있음을 보여 주고 있다. 설정온도를 5°C로 하고 있는 업소의 경우, 실제 공간상에서 측정된 평균은 6.5°C, 최고온도 9.1°C, 최저온도 5.7°C로 조사되었다(Table 1). 법적 기준온도인 10°C이상의 온도를 나타내진 않았지만 5°C이하는 없는 것으로 조사되었다. 국제적으로 신선편의 냉장식품의 경우 5°C이하로 보관을 권장하고 있지만[11], 본 조사에 따르면 설정온도를 5°C로 하였을 경우에 5°C이상의 온도에 보관관리 되고 있는 것으로 나타났다. 설정온도를 3°C로 한 업소의 경우, 평균 2.4°C, 최고 6.6°C, 최저 –0.1°C로 나타났다(Table 1). 3°C에서도 *L. monocytogenes*의 성장이 일어 날 수 있지만 증식 속도가 느리며[2] 보관온도 5°C이하에서는 대부분의 미생물의 성장속도가 느려진다는 점을 고려하였을 때 낮은 온도에 의한 품질상의 변화가 없을 경우 신선편의식품의 설정온도를 3°C 이하에 보관하는 것이 식품의 안전을 위해 바람직할 것으로 사료된다. 설정온도를 2°C로 한 업소의 경우, 평균 1.3°C, 최고 6.6°C, 최저 0.4°C로 측정되었다(Table 1). 육가공품의 보관 기준온도로 일부 국가에서는 0°C의 낮은 온도를 요구 하고 있지만[12] 0°C이하로 냉장창고의 온도를 설정하는 것은 조직이 약한 식품의 보관 중 얼음결정을 형성하여 식품의 품질에 영향을 미칠 수 있기 때문에 식품에 맞는 보관온도에 대한 지침이 설정되어 관리되어야 할 필요성이 대두되고 있다. 현재 우리나라의 경우 이와 관련한 지침이 부족하여 이에 따른 연구가 추가로 필요하다 할 수 있겠다.

냉장창고 공간 위치 별 온도분포

수집한 온도 자료 중 동일한 조건(출입문의 위치, 냉각기의 위치, 외부에 노출된 벽의 위치 등)을 가진 냉장창고의 자료 20,304개(각 공간 당 752개)에 대한 공간 위치별 온도분포는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 냉장창고의 온도분포는 상단(2.4~4 m) 0.8 ± 1.69°C, 중단(1.5~2.4 m) 0.59 ± 1.68°C, 하단(0.7~1.5 m) 0.65 ± 1.46°C로 나타났다. 밀도가 높은 저온의 공기가 바닥으로 내려가기 때문에 상단에 비하여 중단, 하단의 온도가 낮았으며, 냉각기의 주변과, 외부에 직접 노출된 벽면(출입구의 오른쪽) 측의 공간 위치가 온도가 높은 것으로 나타났으나 전체적으로 중단이 가장 낮은 온도를 가지고 있는 공간으로 나타났다. 공간 위치 별 온도차이는 최대 1.11°C로, 공간상에서 일정하게 유지되는 것이 아니라 편차나 변동성이 어느 정도 존재 하는 것으로 볼 수 있어, 냉장식품 보관에 있어 이들 편차를 최소화할 수 있는 적정 냉장보관 방법이 개발되어야 할 것이다. 창고 내 공간 위치별 온도차이와 관련해서 Runsey[13]은 냉장창고에 보관된 식품들에서 약 1.83°C의 온도차이가 있다고 보고하였으며, Chourasia와 Goswami[14]은 1.4 ± 0.98°C 차이를 가지는 것으로 보고하였는데 이는 본 조사 결과와 어느 정도 유사한 결과로 볼 수 있다. Rosario 등[15] 역시 냉장창고 내 온도 이동모델을 이용하여 통로 쪽과 바닥의 온도가 다른 곳에 비하여 낮고, 천장의 온도가 높은 것으로 추정하였으며, 통로는 냉각기에서 나오는 냉기의 흐름이 빠르고 적재되어 있는 식품에서 나오는 열의 영향을 받지 않아 식품이 적재되어있는 곳에 비하여 온도가 낮은 것으로 보고하였다.

냉장보관창고에서의 열 손실과 관련해서 외벽을 통하여 들어오는 열 손실이 20~30%이며 실내동력(조명제외)에 의하여 14~16% 열 손실이 이루어 지는 것으로 조사되었다[16]. 이러한 이유로 냉장창고 내에 식품 적재 시 냉각기, 벽, 바닥과 거리를 두는 것이 권장되고 있다[10]. 외벽에 의해 들어오는 열을 차단하기 위한 단열재의 경우 강 등[17]은 냉장창고의 단열재의 두께는 구조나 단열재료의 종류와 상관없이 100 mm가 적정한 것으로 제시하였다. 현재 식품공전에는 냉장창고의 설비에 관한 규정뿐만 아니라 온도편차나 단열재에 대한 내용도 없는 실정이다.

보관 중 창고의 온도가 높을 경우 병원성 미생물에 오염된 식품에서 증식이 이루어질 수 있는 환경이 조성되므로 지속적인 온도에 대한 모니터링이 필요하며, 냉장실의 온도변화에 따른 미생물의 성장측정결과 같은 온도에서도 온도 편차가 클수록 *L. monocytogenes*의 성장이 더 빠른

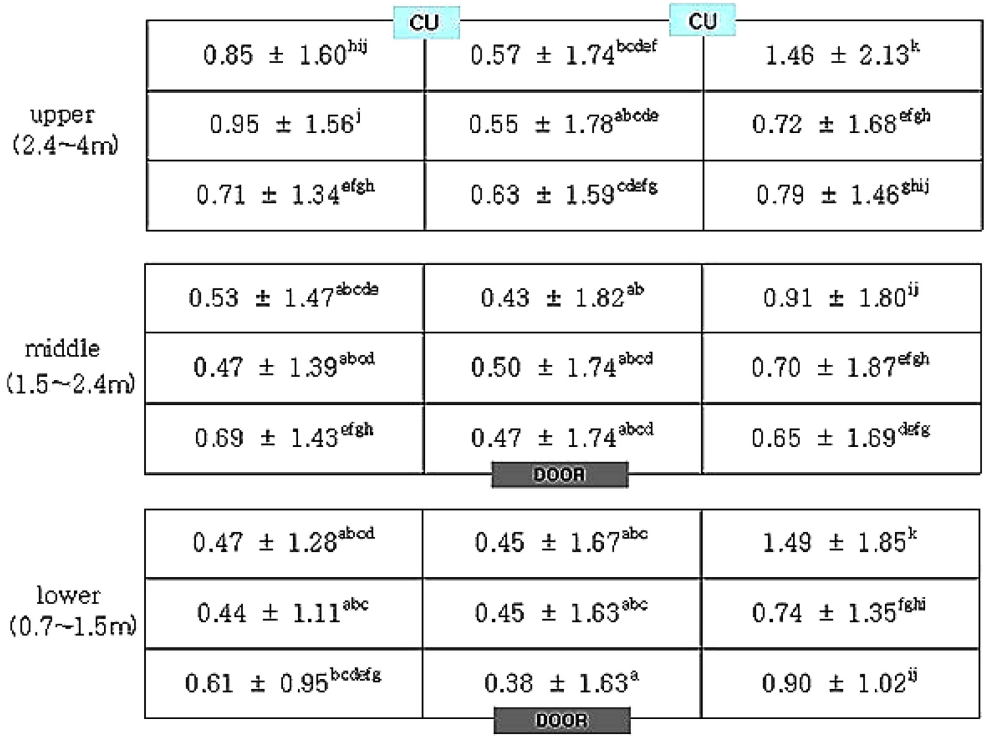

Fig. 2. Temperature distributions by space-locations in cold storage warehouse in Korea. (CU: Cooling Unit).

것으로 나타난다는 결과[2]를 보았을 때 냉장창고의 온도도 중요하지만 온도편차를 최소화하는 것도 보관하는 냉장식품에 대한 식품안전성 측면에서 중요한 요인이라 할 수 있겠다.

적정 확률분포모델 선정

MRA 수행을 위해서는 온도의 분포 등 조사자료를 바탕으로 확률적 접근 방법을 통해 전체 모집단을 추정할 수 있는 방법으로 확률분포모델이 도입되고 있다[6,7]. 이는 평균 등 단일 값을 이용할 경우 현장에 실질적으로 존재할 수 있는 다양한 값의 범위를 반영하지 못할 수 있기 때문이며, 또한 본 연구에서와 같이 개별 업체 내부사정으로 온도측정을 허용하지 않아 한정된 업소만을 조사한 경우와 같이 자료의 한계 등으로 인해 발생할 수 있는 불확실성을 최소화하기 위해서 사용된다[18].

본 연구에서 측정된 전체 온도자료를 이용하여 적정 확률분포 모델을 선정하기 위해 fitting한 결과는 Fig. 1과 Table 2와 같다. 후보 확률 분포모델으로는 LogLogistic, Lognormal, Weibull, Gamma 등 11개의 모델이 제시되었으나, 이중 LogLogistic(−4.189, 5.9098, 3.2565)모델(Fig. 2의 선)이 적합성 검정(GOF)으로 이용된 A-D, K-S test 결과 다른 확률분포모델에 비하여 가장 작은 값을 나타내(Table 2), 국내 냉장창고 온도분포에 대한 가장 적합한 모델로 LogLogistic(−4.189, 5.9098, 3.2565)을 선정하였다.

선정된 LogLogistic(−4.189, 5.9098, 3.2565) 모델에 의해 추정된 국내 냉장창고 온도의 평균은 실제 측정된 평균값(2.55 ± 3.55°C)보다 약간 높은 2.75 ± 4.88°C로 추정되었다. 가정 내 냉장고 온도분포[6] 에서와 같이 LogLogistic(−4.189,

Table 2. Statistic analysis for top two probability distribution models for temperature of food cold warehouse space in Korea

	Measured temperature (°C)	Probability distribution models	
		LogLogistic (−4.189,5.9098,3.2565)	Lognormal (2.5658,3.7311)
Mean ± S.D.	2.55 ± 3.55	2.75 ± 4.88	2.57 ± 3.73
5%tile value(°C)	−2.00	−1.80	−1.83
50%tile value(°C)	1.50	1.72	1.78
95%tile value(°C)	9.30	10.41	9.62
A-D statistic[1)]	-	337.51	350.96
K-S statistic[1)]	-	0.0888	0.0997

[1)]For each of these statistics, the smaller the value, the better the fit.

5.9098, 3.2565)모델에 의한 냉장창고 온도분포는 국내에서 냉장보관 식품관련 주요 식중독균에 대한 미생물 위해평가(MRA) 수행 시 냉장온도 입력변수에 대한 적정 모델로 활용될 수 있을 것이다.

적정한 확률분포모델의 선정은 최종적으로 MRA 결과에도 영향을 미치고 있는 것으로 나타나[6,8], 본 연구조사와 같은 냉장창고 온도분포는 국제적으로 조사지역의 특성에 따라 차이가 나타날 수 있어, 외국에서 추정된 모델을 우리나라에서 바로 활용하기에는 어려움이 있다. 따라서 국내에서 보다 과학적이고 국내 현실을 반영한 MRA의 수행을 위해서는 우리나라 식품공급체인망 환경에서 유통 및 판매, 보관온도 등 식중독 발생과 관련되는 위해인자(risk factors)에 대한 조사와 이들에 대해 우리나라 특성을 반영한 모델화가 더욱 필요할 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 국내에서 냉장보관창고 온도에 대한 조사를 수행하여, 온도분포를 추정하였고, 이를 미생물 위해평가의 입력변수로 활용할 수 있도록 적정 확률분포 모델을 제시하였다. 국내 냉장보관창고의 온도분포는 최저 −3.2ºC, 최대 14.9ºC, 평균 2.55 ± 3.55ºC로 나타났고, 10ºC이상 비율은 2.5%로 나타났으며, 대부분의 냉장창고 온도는 설정온도보다 높은 것으로 나타났다. 공간 위치별 온도분포는 상단(2.4~4 m) 0.8 ± 1.69ºC, 중단(1.5~2.4 m) 0.59 ± 1.68ºC, 하단(0.7~1.5 m) 0.65 ± 1.46ºC로 중단 온도가 가장 낮았으며, 위치별 온도차이는 최대 1.11ºC로 공간상에서 온도가 일정하게 유지되는 것이 아니라 어느 정도의 편차가 존재하는 것으로 나타났다. 이상의 수집된 온도자료는 @RISK를 이용, 적합성 검정(GOF: K-S와 A-D test)을 수행하여, MRA에서 활용할 수 있는 국내 냉장창고 온도분포에 대한 가장 적합한 확률분포모델로 LogLogistic(−4.189, 5.9098, 3.2565)을 선정하였다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 식품의약품안전청의 용역연구사업(10162식품안046)에 의하여 이루어진 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Jackson V., BlairI S., McDowell D.A.: The incidence of significant foodborne pathogens in domestic refrigerators. *Food control*, **18**, 346~351 (2007).
2. Chan Y.C., Wiedmann M.: Physiology and genetics of *Listeria monocytogenes* survival and growth at cold temperatures. *Crit. Rev. Food Sci. & Nutr*., **49**, 237~253 (2009).
3. Lee Y.S., Ha J.H., Park K.H., Lee S.Y., Choi Y.J., Lee D.H., Park S.H., Moon E.S., Ryu K., Shin H.S., Ha S.D.: Survey on storage temperature of domestic major chilled foods in refrigerator. *J. Fd. Hyg. Safety*, **23**, 304~308 (2008).
4. Bahk G.J.: The analysis of food safety incidents from 1998 to 2008 in Korea. *J. Fd Hyg. Safety*, **24**, 162~168 (2009).
5. KFDA (Korea Food & Drug Administration): Korea Food Standards Codes (2011).
6. Bahk G.J.: Statistical probability analysis of storage temperatures of domestic refrigerator as a risk factor of foodborne illness outbreak. *Kor. J. Food Sci. Technol*., **42**, 373~376 (2010).
7. Oh D.H., Rahman SME., Kim J.M., Bahk G.J.: The statistics probability analysis of pork-cutting processing conditions for microbial risk assessment. *J. Fd. Hyg. Safety*, **24**, 63~68 (2009).
8. Franz E., Tromp S.O., Rijgersberg H.: Quantitative microbial risk assessment for *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in leafy green vegetables consumed at salad bars. *J. Food Prot*., **73**, 274~285 (2010).
9. Palisade Corp.: Guide to using @RISK (version 5.5). Newfield, New York, USA. pp. 173~196 (2010).
10. KFDA (Korea Food & Drug Administration): Pre-request programs in HACCP (2011).
11. USFDA (United State Food & Drug Administration): Code of federal regulation for food and drugs: Code of hygienic practice for refrigerated packaged foods with extended shelf life**.** CAC/RCP 46 (2010).
12. Food Safety Authority of Ireland. Guidance note: Cook-chill system in the food service sector. Revision 1. (2006).
13. Runsey, I.: Temperature and air distribution in refrigerated warehouses. A new dimension to energy savings. Food safety, Food supply, Food solutions. GDS Publishing Ltd. (2008).
14. Chourasia, M.K., Goswami, T.K.: Simulation of effect of stack dimensions and stacking arrangement on cool-down characteristics of potato in a cold store by computational fluid dynamics. *Bios. Eng*., **96**, 503~515 (2007).
15. Rosario L.M., Son H.H., Rahman M.: Numerical simulation of temperature and velocity in a refrigerated warehouse. *Int. J. Refrig*., **29**, 692~699 (2010).
16. Choi S.G., Hong S.E.: Refrigeration engineering. Gungiwon, Korea. pp. 110 (2009).
17. Kang S.H., Koo B.K., Hwang H.Z., Seok H.T., Ahn H.S., Song S.Y.: Optimized insulation thickness of the refrigerated warehouse with different envelope structures and insulation materials by L.C.C. analysis. *Kor. J. Air-Cond.& Refrig. Eng*., **15**, 372~381 (2003).
18. Margaret D., Kerrie M., Simon T.: Incorporating parameter uncertainty into Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA). *J. Water & Health*, **9**, 10~26 (2011).