pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 6, pp. 528~536 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.6.528

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

식품의 소비기한 참고치 설정을 위한 안전계수

김병후[1] · 정수진[1] · 강준구[1] · 윤요한[2] · 신재욱[3] · 이철수[3] · 하상도[1]*

[1]중앙대학교 식품공학과 식품안전연구실
[2]숙명여자대학교 식품영양학과
[3]한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원 소비기한연구센터

Establishment of Safety Factors for Determining Use-by-Date for Foods

Byoung Hu Kim, Soo-Jin Jung, June Gu Kang, Yohan Yoon, Jae-Wook Shin, Cheol-Soo Lee, Sang-Do Ha*

[1]Advanced Food Safety Research group, Chung-Ang University, Anseong, Korea
[2]Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea
[3]Korea Advanced Food Research Institute, Uiwang, Korea

(Received October 13, 2023/Revised November 9, 2023/Accepted November 9, 2023)

ABSTRACT - In Korea, from January 2023, the Act on Labeling and Advertising of Food was revised to reflect the use-by-date rather than the sell-by-date. Hence, the purpose of this study was to establish a system for calculating the safety factor and determining the recommended use-by-date for each food type, thereby providing a scientific basis for the recommended use-by-date labels. A safety factor calculation technique based on scientific principles was designed through literature review and simulation, and opinions were collected by conducting surveys and discussions including industry and academia, among others. The main considerations in this study were pH, Aw, sterilization, preservatives, packaging for storage improvement, storage temperature, and other external factors. A safety factor of 0.97 was exceptionally applied for frozen products and 1.0 for sterilized products. In addition, a between-sample error value of 0.08 was applied to factors related to product and experimental design. This study suggests that clearly providing a safe use-by-date will help reduce food waste and contribute to carbon neutrality.

Key words: Food, Sell-by-date, Reference value, Use-by-date, Safety factor

한국에서 유통기한 표시 제도를 사용하기 시작한 것은 1985년부터이다[1]. 1962년 식품위생법 제정 당시 제조일자 표시로 시작됐었다[2]. 이후 제조 일자만 표시하던 식품(과자, 조미식품 등)과 제조일 및 권장 유통기한을 함께 표시하던 식품(빵류, 우유, 통조림 등)으로 이원화돼 운영되던 식품표시 일자가 1990년 7월 1일부터 '유통기한' 표시제로 일원화되었다[3]. 이후 2002년 7월부터 제조업체별로 자율적으로 설정하도록 허용됐는데, 이는 식품안전인증제(Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) 등 위생관리시스템 도입으로 같은 품목이라도 회사별로 시설, 인력, 위생 수준이 달라 유통기한이 다르기 때문이다[1].

전 세계적으로 활용되고 있는 식품의 기한 표시 방법은 대상의 특징과 표시 목적에 따라 다양한 선택이 가능하다[4]. 예를 들어, '유통기한(sell-by-date)'은 식품을 유통·판매하는 영업자가 소비자에게 해당 식품을 합법적으로 판매할 수 있는 최대의 기한을 의미한다. '품질유지기한(best-before-date)'은 레토르트, 병·통조림, 잼류, 당류 등 대체로 장기간 저장함에도 불구하고 부패의 우려가 적은 식품에 대하여 해당 식품이 고유의 품질을 유지할 수 있는 기간을 정할 필요가 있을 때 사용한다[5]. 그리고 '소비기한(use-by-date)'은 식품 등에 표시된 보관 방법을 준수할 경우 섭취하여도 안전에 이상이 없는 기한으로 최종 소비자가 식품을 안전하게 섭취할 수 있는 최대기간을 말한다[6]. 유럽연합(European Union, EU) 등 대부분의 선진 국가들은 유통기한 대신 소비기한 표시제를 활용하고 있으며, 국제식품규격위원회(CODEX)도 2018년부터 국제식품기준규격에서

*Correspondence to: Sang-Do Ha, Advanced Food Safety Research group, Chung-Ang University, Anseong, Gyunggido, 17546, Korea
Tel: +82-31-670-4831, Fax: +82-31-675-4853
E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

유통기한 제도를 삭제하고 소비기한 표시제도를 권고하고 있다[1,6,7].

한국에서도 2021년 11월 5일 유통기한 경과 제품으로 인한 식품 폐기물을 감소시키고 국제 흐름에 맞게 제도를 정비할 목적으로 '유통기한(流通期限)' 대신 '소비기한(消費期限)'을 표시하도록 하는 「식품 등의 표시·광고에 관한 법률」 시행령과 시행규칙 일부 개정안을 입법 예고했다[8]. 그간 사용하던 기존의 유통기한은 식품을 판매할 수 있는 날짜인데, 유통기한이 지난 제품도 팔지 못할 뿐이지 구매 후 가정에서는 그 이상 기간 섭취할 수 있었다. 하지만 식품의 종류, 제조사, 브랜드, 보관 상태에 따라 제품의 상태가 상이하기 때문에 정확히 유통기한이 얼마만큼 지난 것까지 먹을 수 있는지 알 수 없었다.

식품의 수명을 정확히 결정하기 위해서는 식품에 표시된 보존 및 유통 기준에 따라 저장실험을 하고, 같은 기간 동안 식품의 미생물학적, 이화학적, 물리적, 관능 지표 등을 모니터링 하여 지표 값의 변화가 시작되는 시점을 '품질안전한계기간'으로 산정한다[9]. 실측 실험과 가속 실험 등을 통해서 결정된 소비기한의 재현성과 신뢰도는 식품의 내적 또는 외적 특성에 의해 영향을 받기 때문에 설정된 식품의 수명(기한)은 절대값이 아니라 안전 마진(safety factor)이 필요하다. 통상적으로 식품의 특성에 따라 실험이나 모델링을 통해 설정된 수명(기한)에 60-70%의 계수(안전계수)를 적용해 더 짧은 기간으로 유통기한을 설정하는데, 식품 유형별로 내적, 외적 요인을 고려해 적정 안전계수를 도출하여 소비기한에 활용해야 한다[10].

따라서, 본 연구는 식품 유형별 권장 소비기한 설정을 위한 과학적 기반을 구축하고자 소비기한 참고치 설정을 위한 안전계수 산출법을 마련하고, 과학적 안전계수법 설정 방법에 대한 학계 · 산업계 의견을 수렴하여 식품 유형 및 품목별 영업자가 사용할 수 있는 안전계수를 제시하고자 한다.

Materials and Methods

한국과 외국의 과학적 소비기한 안전계수 관련 문헌 조사를 통한 안전계수 요인 설정

한국·외국 보고서[유럽연합(European Food Safety Authority) 미국(USDA, FDA), 영국(NSW Government, Food Authority), 호주/뉴질랜드(FSANZ), 아일랜드(Food Safety Authority of Ireland), 일본 후생노동성과 농림수산성, 한국 식품의약품안전처 등], 논문 등 학술자료를 수집, 분석해 세계 각국 식품의 특성을 고려한 소비기한 설정 decision tree 및 식품별 안전계수 설정 근거자료를 조사하였다[11-19]. 실측 실험과 가속 실험 등을 통해서 결정된 재현성과 신뢰도는 식품의 내적 또는 외적 특성에 의해 영향을 받기 때문에 설정된 식품의 수명(기한)은 절대값이 아니라 안전마진이 필요하기 때문에 과학적인 내적 요인/외적 요인 decision tree 결정 항목을 조사하였다.

과학적 안전계수법 설정을 위한 내적 요인과 외적 요인 모의 실험

설정된 안전계수 영향 요인 중 보관 온도, pH, 수분활성도, 포장방법에 대해 모의실험을 진행하였다. 실험에 사용된 시료(돼지고기 안심)는 인근 축산물 마트(경기도 안성, 한국)에서 구매하여 사용하였다. 식품의 병원성 세균 오염을 확인하기 위해 접종되지 않은 식품 25 g과 225 mL의 PBS를 혼합하여 강하게 진탕한 다음 배지 도말법으로 식중독 세균의 유무를 확인하였으며, 음성으로 판정된 시료를 사용하였다. 실험 결과는 생균수(단위: Log CFU/mL 혹은 Log CFU/g)를 활용하여 추세선을 작성하였으며, 이를 통해 일차방정식, 미생물의 생장률 및 6 Log CFU/mL (혹은 Log CFU/g) 도달 시점을 도출하였다.

온도 남용 모의실험은 tryptic soy broth (TSB; Difco Laboratories, Sparks, MD, USA) 상에 *Escherichia coli*를 접종한 뒤 5°C, 10°C 냉장 보관한 시료(대조군)와 2시간 동안 20°C, 30°C 상온 보관 후 냉장 보관한 시료(실험군)의 미생물 생장속도를 비교하였다. 수소이온농도(pH) 모의실험은 pH 4.6(실험군)과 pH 7.0(대조군)으로 조절한 TSB 상에 *E. coli*를 접종하여 시간대별(0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 24 시간)로 균수를 측정함으로써 대조군과 실험군 간 미생물의 생장속도를 비교하였다. 수분활성도(Aw) 모의실험은 Aw 0.85(실험군)와 Aw 0.95(대조군)으로 조절한 잘게 썬 돼지고기 안심에 *E. coli*를 접종하여 시간대별(0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 24, 36, 48, 72 시간)로 균 수를 측정함으로써 대조군과 실험군 간 미생물의 생장속도를 비교하였다. 포장방법 모의실험은 *E. coli*를 접종한 돼지고기를 일반 포장(대조군) 및 진공 포장(실험군)하여 각 온도에 보관한 뒤, 시간대별로 균 수를 측정함으로써 대조군과 실험군 간 미생물의 생장 속도를 비교하였다.

식품의 특성, 포장방법, 유통 조건 등을 고려한 안전계수 산출 방법 도출

과학적인 안전계수를 적용하기 위해 저장실험의 결과는 절대값이 아니므로 현실적 오차 발생 재현성을 고려해 안전마진이 필요하기 때문에 저장실험으로 결정된 식품의 수명(품질안전 한계기간) 실험치에 대한 '재현성'과 '신뢰도'에 대한 안전계수를 설정하고자 하였다. 또한, 저장실험으로 결정된 식품의 수명(섭취 가능 기간) 보다는 짧게 설정하고 판매 기한인 과거 유통기한보다는 길게 설정하며 냉장/냉동식품의 경우 저장 시 온도 편차와 냉장 보관, 유통 조건을 벗어나 상온에 노출될 수 있는 상황(온도-시간 남용)에 대한 마진을 설정하고자 하였다. 소비자가 냉장식품을 유통매장에서 구매해 자동차나 도보로 운

반하거나 배달 시 냉장식품이 상온에 노출되는 온도와 시간 남용을 반영하고 개별 포장단위까지 검사를 실시하는 것이 현실적으로 곤란해 개별 제품 간 실험 오차범위 마진을 설정하였다. 상하기 쉽거나 품질 및 안전성 변화가 용이한 식품의 경우 안전마진 값이 크게 설정되고 안전성이 확보된 안정적인 식품은 1.0에 가까운 값이 설정되었다.

통계분석

실험결과는 3회 반복 실험을 실시하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 실험의 통계 처리는 SAS (Version 9.2, SAS institute Inc., Cary, NC, USA) 소프트웨어를 이용하여 분석하고 각 군 간의 유의성은 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test로 $P<0.05$ 수준에서 검정하였다.

Results and Discussion

한국과 외국의 과학적 소비기한 안전계수 관련 문헌 조사를 통한 안전계수 요인 설정

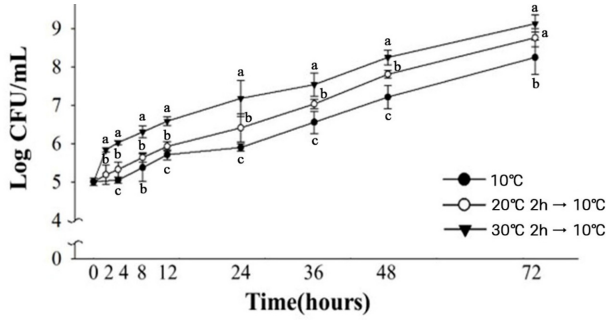
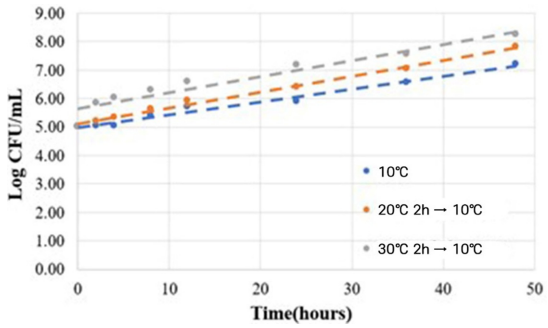
영국과 미국[11,19] 연구 보고서에 따르면, 국가 차원에서 안전계수가 제안된 바는 없고 개별 기업들이 제품 특성별로 자사 기준을 만들어 안전계수를 설정해 유통 또는 소비기한을 관리하고 있었다. 안전계수는 회사마다, 제품마다 상이한데, 유통 단계에서 보존 상황을 감안하여 설정된다. 또한, 유럽연합(EU), 호주 뉴질랜드, 영국의 연구보고서에 따르면[13,15,18,19], 소비기한 설정 시 내적 요인으로 수분활성도(Aw), 수소이온농도(pH), 영양소, 냉동, 멸균 포장, 열처리 공정 등을 고려하고 있고 외적 요인으로는 보존 온도, 자외선, 습도 등을 고려하여 decision tree가 만들어지고 있었다. 일본의 '식품기한 표시설정 가이드라인'에 따르면[20], 안전계수는 개별 상품의 품질 편차나 상품의 보관 환경 등을 감안하여 설정되며, 객관적인 항목(지표)에 근거하여 얻은 기한에 대하여 식품의 특성에 따라 1.0 미만의 안전계수를 곱하여 기간을 설정하고 있었다. 영국 WRAP 연구보고서에 따르면[21], 안전계수는 통상적으로 0.7-0.9 범위에서 고려되고 있었다.

한국의 경우에는, 소비기한 제도가 도입되기 이전 식품, 축산물, 건강기능식품의 특성에 따라 설정된 유통기한 설정 시 실험 결과로부터 얻은 유통기한에 1.0 미만의 안전계수(통상 0.7-0.8)를 적용하여 실제 유통기간보다 20-30% 짧은 기간을 설정하며 적용할 안전계수의 최종 결정은 제조사의 유통기한 관리 방향과 위험 수용도에 따라 고려되고 있었다[22]. 하지만, 실제 유통되는 제품의 소비기한은 롯트(Lot)별 내부적(원재료, pH, Aw, 보존료 함유, 살균 또는 멸균 등) 또는 외부적(제조공정, 포장 재질, 유통·보관 조건, 장보기 등) 요인의 차이에 따라 값이 달라질 수 있다[23]. 따라서 결정된 소비기한의 재현성과 신뢰도는 식품, 축산물, 건강기능식품 개별상품의 내·외부적 특성에 의해 영향을 받기 때문에 실제 제조, 유통 환경 등을 고려하여 소비자의 위해 방지와 품질을 보장할 수 있는 합리적인 안전계수를 설정할 필요가 있다.

과학적 안전계수법 설정을 위한 내적 요인과 외적 요인 모의실험

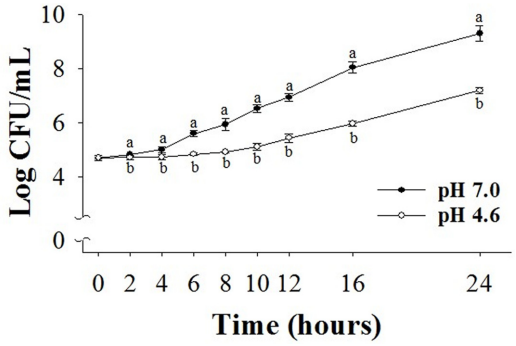
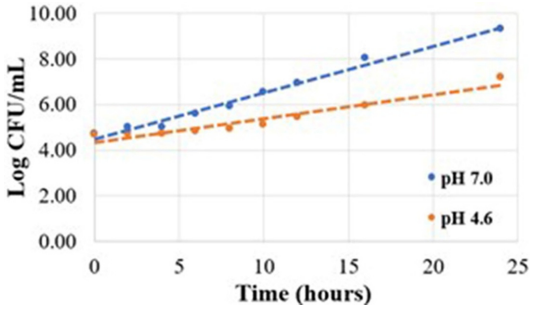
온도남용 모의실험 결과, 상온(20°C) 2시간 온도 남용 후 10°C 냉장 보관 시 냉장고에 계속 보관된 식품에 비해 세균(*E. coli*)이 6 Log CFU/g에 도달하는 시간이 약 7시

Table 1. Comparison of growth rates of *E. coli* at various temperature conditions (stored at 10°C)

	Growth graph	Linear equation	
			
Storage condition	10°C	Stored at 20°C for 2 hours, then store at 10°C	Stored at 30°C for 2 hours, then store at 10°C
Linear equation	y = 0.0453x + 4.9743 (R^2=0.9812)	y = 0.0556x + 5.1134 (R^2=0.9927)	y = 0.0564x + 5.6501 (R^2=0.9175)
6 Log CFU/g reaching time	Approx. 22.6 h	Approx. 15.9 h	Approx. 6.2 h

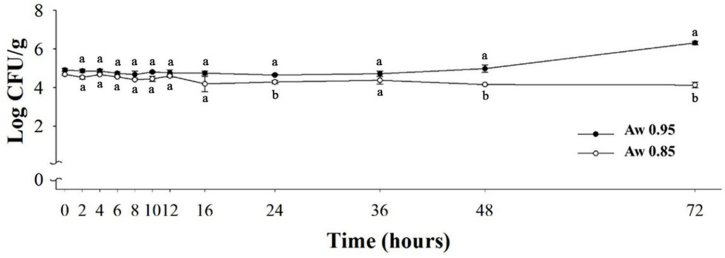
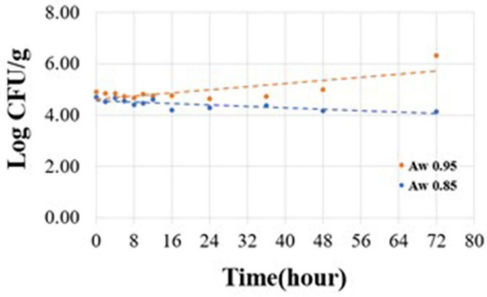
Error bars represent SD of mean values. Different letters (a-c) on the bars within temperatures are significantly different at $P<0.05$.

Table 2. Comparison of growth rates of *E. coli* at various pH conditions

	E. coli	
Growth graph		
Linear equation		pH 7.0 y = 0.2075x + 4.4286 (R^2=0.986) pH 4.6 y = 0.1058x + 4.3249 (R^2=0.916)
Condition	pH 7.0	pH 4.6
6 Log CFU/mL reaching time	Approx. 7.6 h	Approx. 15.8 h

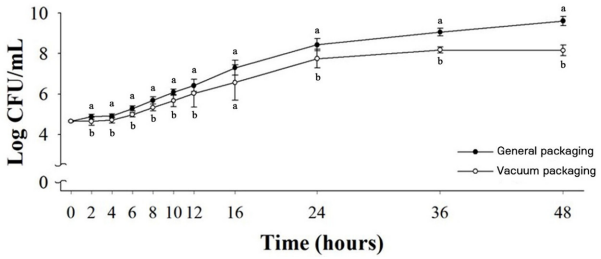
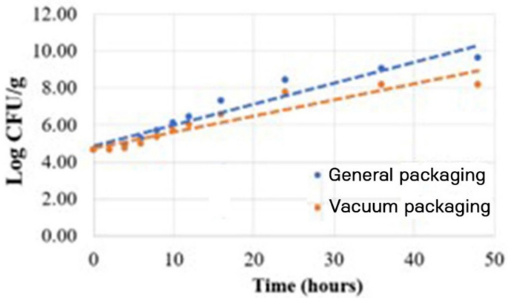
Error bars represent SD of mean values. Different letters (a-b) on the bars within pH values are significantly different at P<0.05.

Table 3. Microbial growth graph of *E. coli* in pork at 0.85 and 0.95 water activity (Aw) adjusted

	E. coli	
Growth graph		
Linear equation		Aw 0.95 y = 0.0154x + 4.6164 (R^2=0.556) Aw 0.85 y = -0.0071x + 4.5632 (R^2=0.631)
Condition	Aw 0.95	Aw 0.85
6 Log CFU/g reaching time	Approx. 89.8 h	-

Error bars represent SD of mean values. Different letters (a-b) on the bars within Aw values are significantly different at P<0.05.

Table 4. Comparison of growth rates of *E. coli* at general and vacuum packaging methods (stored at 20°C)

	E. coli	
Growth graph		
Linear equation		General packaging $y = 0.1132x + 4.8668$ (R^2=0.937) Vacuum packaging $y = 0.0875x + 4.7432$ (R^2=0.893)
Condition	General packaging	Vacuum packaging
6 Log CFU/g reaching time	Approx. 10.0 h	Approx. 14.4 h

Error bars represent SD of mean values. Different letters (a-b) on the bars within packaging methods are significantly different at $P<0.05$.

간 단축되었다. 즉, 식품의 품질안전수명이 상온 2시간 온도 남용으로 단축될 것으로 예상된다(Table 1). 또한, 30°C 2시간 온도 남용 후 10°C 냉장 보관 시 냉장고에 계속 보관된 식품에 비해 세균(E. coli)이 6 Log CFU/g에 도달하는 시간이 약 16시간 단축되었다. pH 모의실험 결과, pH 4.6인 환경에서 세균(*E. coli*)은 6 Log CFU/mL에 도달하는데 약 15.8시간이 소요되어, pH 7.0(대조군)인 환경에 6 Log CFU/mL에 도달하는 시간에 비하여 약 8시간 증가한 것으로 확인되었다(Table 2). Aw 모의실험 결과(Table 3)로 Aw 0.85인 환경에서 세균(*E. coli*)은 시간이 지남에 따라 사멸하여 6 Log CFU/g에 도달하지 못하는 것으로 확인되었다. 반면 진공포장 후 20°C에서 보관하였을 경우, 일반포장에 비하여 6 Log CFU/g에 도달하는 시간이 약 4시간 증가하여 품질안전수명이 연장될 것으로 예측되었다(Table 4).

식품의 특성, 포장방법, 유통조건 등을 고려한 안전계수 산출방법 도출

본 연구에서는 과학적인 안전계수를 설정하기 위해 식품 자체의 수명(소비기한)에 영향을 주는 5가지 특성으로 1) 수소이온농도(pH), 2) 수분활성도(Aw), 3) 살균 여부, 보존료(항균, 항산화) 함유 여부 또는 저장성 향상 포장(레토르트, 진공포장, CO_2 충진, N_2 충진, 탈산소제 등), 4) 제품 보관 방법 (냉장, 냉동, 상온, 실온), 5) 멸균 여부를 설정하였다. 품질안전한계기간(실험값)은 개별 상품의 품질 편차나 상품의 보관환경 등을 감안하여 설정하며, 이는 절대값이 아니므로 재현성과 신뢰도를 등을 고려하여 안전계수를 1.00 미만으로 하고 안전마진을 고려한 보정이 필요하다. 현실적으로 제시된 식품의 5가지 특성이 같다 하더라도 각 식품의 유형, 종류, 브랜드별 영양조성 등이 다르고 품질, 안전에 영향을 주는 초기 오염미생물 균총도 다르며, 보관환경 등 외적요인도 달라 품질안전한계기간이 달라지게 되기 때문이다. 이에 동일 식품유형이라도 제품 및 실험설계와 관련된 요인(예: 열화율, 시점 수, 전체 대 축소된 설계 구현 등)은 유통기한의 오류에 큰 영향을 줄 수 있으므로 특정제품에 대한 샘플간 오차 0.08(12개월 예측 시 1개월)과 실제 유통온도 모델의 표준온도 초과율(%)을 감안하여 최대 안전계수 상한치를 적용하였다[24]. 따라서, 본 연구에서는 Table 5와 Fig. 1을 통해 각 요인 별 특성을 고려하여 안전계수에 기여하는 비중과 이를 활용하여 최종 안전계수 값을 산출하는 방법(A그룹-O그룹)을 나타냈다.

수소이온농도(pH) 안전계수 산출 근거

Jay 등[25]의 연구에 따르면 pH 범위별 품질안전 요인 변화로 pH 3.5 이하(강산성)의 경우 세균 생장이 중단되어 대부분의 효소 반응이 감소하고, pH 3.5-4.6(약산성)의 경우 미생물(효모, 곰팡이 포함)이 생장할 수 있는 조건이며,

Table 5. Safety factors at various product characteristics

Factors affecting use-by-date	Product characteristics	Safety factor	Note
Frozen or sterilized products	Frozen product (≤ -18°C)	0.97	Consideration of the standard temperature deviation of the distribution model, the distribution and consumption stage contribution rate to the excess temperature, etc.
	Sterilized product	1.0	safety factor unapplied
pH	≤ 3.5	1.0	Stopping bacterial growth, reducing most enzyme reactions
	3.5 < pH < 4.6	0.96	Microorganisms (including yeast and mold) can grow [median value]
	4.6 ≤	0.92	Ease of growth of microorganisms (including yeast and fungi), 0.08 of sample-to-sample error for each product (1-month error for 12-month prediction)
Aw	≤ 0.8	1.0	Microorganisms (including yeast, fungi) stop growing, reduce most enzyme reactions
	0.8 < Aw < 0.9	0.96	Microorganisms (including yeast and mold) can grow [median value]
	0.9 ≤	0.92	Ease of bacterial growth, 0.08 of sample-to-sample error for each product (1-month error for 12-month prediction)
Sterilization, preservatives (antimicrobial, antioxidant), improving storage (retort, vacuum, CO_2 filling, N_2 filling, deoxygenation, etc.)	YES	1.0	safety factor unapplied
	NO	0.92	0.08 of sample-to-sample error for each product (1-month error for 12-month prediction)
Storage temperature	Refrigeration temperature (0-10°C)	0.97	Consideration of the standard temperature deviation of the distribution model, the distribution and consumption stage contribution rate to the excess temperature, etc.
	Ordinary temperature (15-25°C)	0.89	
	Room temperature (1-35°C)	0.99	
Others (external factors)	temperature abuse	0.96	Safety margin against temperature abuse when transporting refrigerated product to home after delivery or purchase [Considering the rate of reduction of quality safety life when abusing temperature, actual exposure time when abusing temperature, and the rate of temperature abuse]

pH 4.6 이상의 경우 세균 생장이 용이하다. 이에 본 연구에서는 수소이온농도(pH) 4.6 이상의 식품은 세균 생장이 용이해 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하며, pH 3.5 이하의 강산성 식품은 세균 생장이 중단되고 대부분의 효소반응이 감소하므로 안전계수를 적용하지 않았다(1.0). pH 3.5–4.6 사이의 약산성 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 활발하지는 않지만 가능은 하므로 중간값인 안전계수 0.96을 적용하였다.

수분활성도(Aw) 안전계수 산출 근거

Aw 범위별 품질안전 요인 변화로 Aw 0.8 이하(건조)의 경우 세균 생장 중단, 곰팡이 생장은 가능하나 대부분 효소반응이 감소하고, Aw 0.8-0.9(반건조)의 경우 세균 생장 가능, 진균류(효모, 곰팡이) 생장이 용이하며 Aw 0.9 초과의 경우 미생물[세균, 진균류(효모, 곰팡이)]의 생장이 용이하다[19,20]. 이에 본 연구에서는 수분활성도(Aw) 0.9 초과 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 용이해 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하며, Aw 8.0 이하의 건조식품은 세균 생장이 중단되고 대부분의 효소반응이 감소하므로 안전계수를 적용하지 않았다(1.0). Aw 0.8-0.9 사이의 반건조 식품은 세균 생장이 활발하지는 않지만 가능은 하며 진균류(효모, 곰팡이) 생장이 용이하므로 중간값인 안전계수 0.96을 적용하였다.

살균, 보존료(항균, 항산화) 함유 또는 저장성 향상 포장(레토르트, 진공, CO_2 충진, N_2 충진, 탈산소제 등) 안전계수 산출 근거

살균, 보존료(항균, 항산화) 함유 또는 저장성 향상 포장

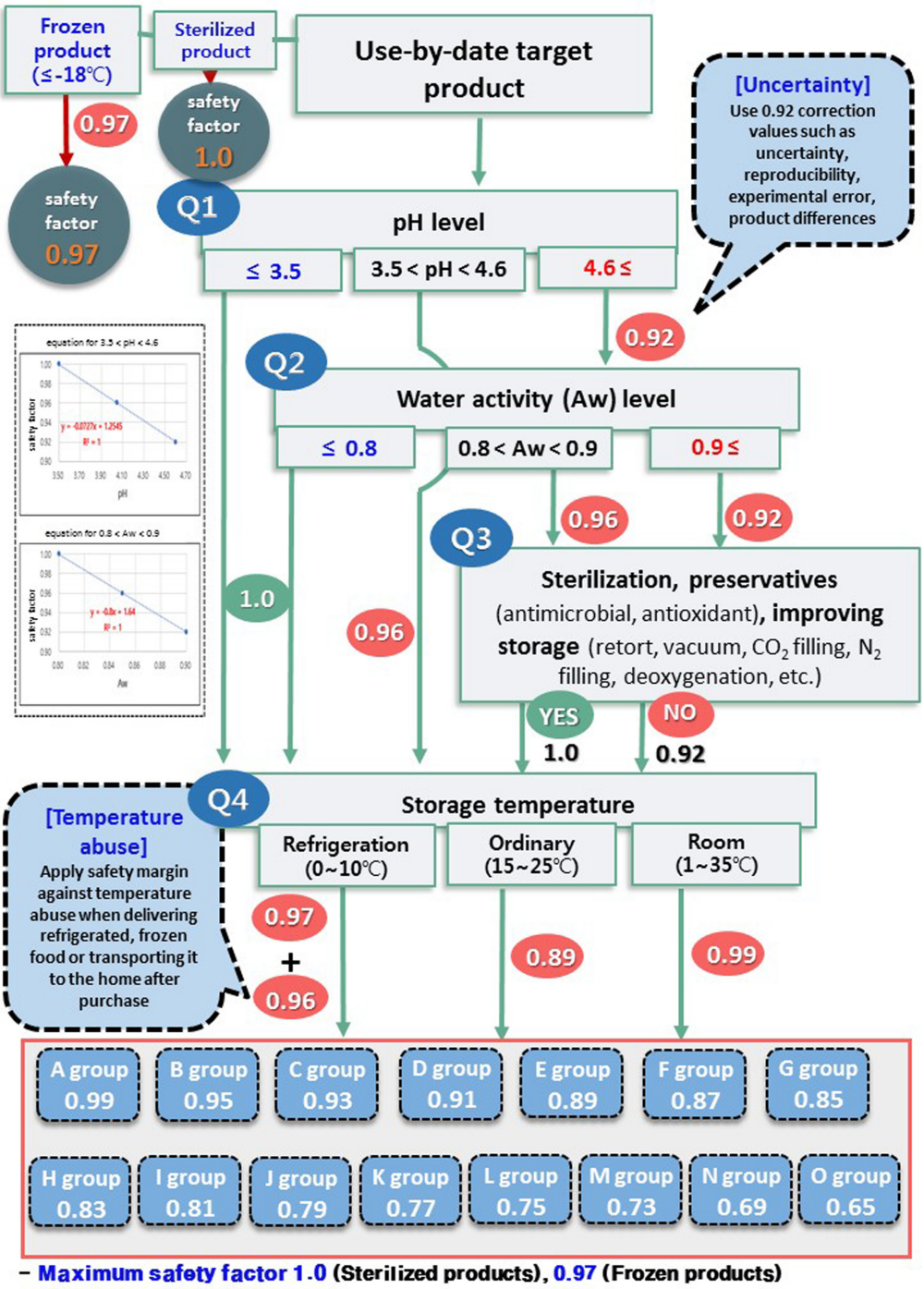


Fig. 1. Safety factor calculation decision tree for setting use-by-date reference values.

(레토르트, 진공, CO_2 충진, N_2 충진, 탈산소제 등) 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 오염도 및 생장, 대부분의 효소반응이 감소하므로 안전계수를 적용하지 않았다(1.0). 위와 같은 처리를 하지 않은 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 용이하고 대부분의 효소반응이 촉진되므로 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하였다.

저장 온도(냉동, 냉장, 상온, 실온)와 멸균 안전계수 산출 근거

저장 온도(냉동, 냉장, 상온, 실온)별 안전계수는 선행연구에서 제시한 유통모델의 표준온도 편차 값(냉장 0.07, 냉동 0.08, 상온 0.27, 실온 0.01)을 사용하였다[26]. 온도편차 중 낮은 온도는 안전에 영향을 주지 않으므로 온도 편차의 절반인 높은 온도 값만 안전에 영향을 주므로 50%(0.5)

를 곱해주고 온도 초과에 미치는 '유통+소비 단계' 기여율(85%)인 0.85를 다시 곱해 나온 안전계수 값인 냉장 0.03 [냉장: 0.07 × 0.5(50%) × 0.85(85%) = 0.03 (0.97)], 냉동 0.03 [냉동: 0.08 × 0.5(50%) × 0.85(85%) = 0.03 (0.97)], 상온 0.11 [상온: 0.27 × 0.5(50%) × 0.85(85%) = 0.11 (0.89)], 실온 0.01 [실온(1-35°C): 0.01 × 0.5(50%) × 0.85(85%) = 0.01 (0.99)]를 적용하였다.

냉장식품의 온도남용에 대한 안전계수는 모의실험 결과로 구한 온도남용 시 품질안전수명 단축율(20°C, 2시간) 11.8%(0.882)에 설문조사 결과로 구한 온도남용 시 실제 노출시간(1시간)을 반영해 50%(0.5) 곱하고, 소비자 냉장식품 온도남용 비율인 92.3%(0.923)를 곱해 도출한 0.407 값[냉장식품 온도남용 산출식: 0.882(11.8%) × 0.5 × 0.923(92.3%) = 0.407 (0.96)]을 활용한 안전계수 값인 0.96을 적용하였다. 냉동식품의 온도남용에 대한 안전계수는 냉동 제품이 상온/실온(room temp., 25°C)에서 해동(고기 내부의 온도가 1°C가 될 때까지 걸리는 시간)되는데, 최소 3시간 30분이 소요되고, 냉장고에서도 24시간이 소요되므로 1시간의 온도남용으로는 해동에 영향을 주지 않으므로 냉동제품은 현실적으로 온도남용을 적용하지 않았다. 또한, 멸균 제품의 경우 안전계수를 적용하지 않았다(1.0).

Acknowledgement

이 연구는 2022년도 식품의약품안전처 지원과제 "영업자 지원을 위한 식품별 권장소비기한 설정"의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

2021년 11월 5일 '유통기한(流通期限)' 대신 '소비기한(消費期限)'을 표시하도록 하는 「식품 등의 표시·광고에 관한 법률」 시행령과 시행규칙 일부 개정안이 입법 예고되었다. 이에 본 연구는 식품 유형별 소비기한 참고치 설정을 위한 과학적 기반을 구축하고자 과학적 안전계수 산출법을 마련하고, 안전계수를 제시하고자 하였다. 본 연구에서는 온도 남용, pH, 수분활성도, 포장방법에 대해 모의실험을 진행하며 식품 자체의 수명(소비기한)에 영향을 주는 5가지 특성을 1) 수소이온농도(pH), 2) 수분활성도(Aw), 3) 살균 여부, 보존료(항균, 항산화) 함유 여부, 저장성 향상 포장(레토르트, 진공포장, CO_2 충진, N_2 충진, 탈산소제 등), 4) 제품 보관 방법 (냉장, 냉동, 상온, 실온), 5) 멸균 여부로 설정하였다. 수소이온농도(pH) 4.6 이상의 식품은 세균 생장이 용이해 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하며, pH 3.5 이하의 강산성 식품은 세균 생장이 중단되고 대부분의 효소반응이 감소하므로 안전계수를 적용하지 않았다(1.0). pH 3.5-4.6 사이의 약산성 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 활발하지는 않지만 가능은 하므로 중간값인 안전계수 0.96을 적용하였다. 수분활성도(Aw) 0.91 이상의 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 용이해 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하며, Aw 8.0 이하의 건조식품은 세균 생장이 중단되고 대부분의 효소반응이 감소하므로 안전계수를 적용하지 않았다(1.0). Aw 0.8-0.9 사이의 반건조 식품은 세균 생장이 활발하지는 않지만 가능은 하며 진균류(효모, 곰팡이) 생장이 용이하므로 중간값인 안전계수 0.96을 적용하였다. 살균, 보존료(항균, 항산화) 함유 또는 저장성 향상 포장(레토르트, 진공, CO_2 충진, N_2 충진, 탈산소제 등) 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 오염도 및 생장, 대부분의 효소반응이 감소하므로 안전계수를 적용하지 않았다(1.0). 위와 같은 처리를 하지 않은 식품은 미생물(효모, 곰팡이 포함) 생장이 용이하고 대부분의 효소반응이 촉진되므로 가장 높은 안전계수 값인 0.92를 적용하였다. 저장 온도(냉동, 냉장, 상온, 실온)별 안전계수는 표준온도 편차 값(냉장 0.07, 냉동 0.08, 상온 0.27, 실온 0.01)을 사용했으며, 온도편차 중 낮은 온도는 안전에 영향을 주지 않으므로 온도 편차의 절반인 높은 온도 값만 안전에 영향을 주므로 50%(0.5)를 곱해주고 온도 초과에 미치는 '유통+소비단계' 기여율(85%)인 0.85를 다시 곱해 나온 안전계수 값인 냉장 0.03, 냉동 0.03, 상온 0.11, 실온 0.01을 적용하였다. 냉장식품의 온도남용에 대한 안전계수는 온도남용 시 실제 노출시간(1시간)을 반영해 50%(0.5) 곱하고, 소비자 냉장식품 온도남용 비율인 92.3%(0.923)를 곱해 도출한 0.407 값을 활용한 안전계수 값인 0.96을 적용하였다. 멸균 제품의 경우 안전계수를 적용하지 않았다. 요인별 특성을 고려하여 안전계수에 기여하는 비중과 이를 활용하여 최종 안전계수 값을 산출하는 방법(A그룹-O그룹)을 decision tree로 나타냈다. 본 연구는 과학적으로 산출한 안전계수를 통해 소비기한을 제시함으로써 음식물쓰레기 감량과 탄소 중립성 달성에 기여할 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Byoung Hu Kim https://orcid.org/0000-0001-6107-1919
Soo-Jin Jung https://orcid.org/0009-0006-7317-9760
June Gu Kang https://orcid.org/0009-0008-1719-9411
Yohan Yoon https://orcid.org/0000-0002-4561-6218
Jae-Wook Shin https://orcid.org/0000-0002-3092-4867
Cheol-Soo Lee https://orcid.org/0009-0000-6872-4943
Sang-Do Ha https://orcid.org/0000-0002-6810-2092

References

1. Shin, J.W., Use by date for foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 1-5 (2022).
2. Ha, S.D., Trend analysis of policies and managemental systems for food safety. *Food Sci. Ind.*, **44**, 29-37 (2011).
3. Food Journal TV, (2023, October 20). Government policy direction and industrial response plan for the introduction of food use-by date. Retrieved from https://youtu.be/qo5CEg2AhFA
4. Mun, S.D., A study on food shelf life system in the food sanitation act. *Public L.J.*, **8**, 463-495 (2007).
5. Choi, J.Y., Noh, B.S., Determination of shelf-life of foods. *Food Sci. Ind.*, **42**, 71-79 (2009).
6. Kim, W.S., (2023, September 3). Expansion of articles of recommended expiration date on processed food II. Retrieved from https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=TRKO201300028807&dbt=TRKO&rn=&keyword=%EA%B9%80%EC%9A%B0%EC%84%A0
7. Park, H.S., Shin, J.S., Song, J.S., Lee, K.W., Lee, Y.H., Lee, C.M., Cho, T.J., Determination of the use-by date for general foods with function claim. *Safe Food*, **17** (2022).
8. Korea Ministry of Government Legislation (MOLEG), (2023, September 3) Preliminary notice of legislation on partial revision of enforcement rules of the act on labeling and advertising of food, etc. Retrieved from https://www.moleg.go.kr/lawinfo/makingInfo.mo?mid=a10104010000&lawSeq=65913&lawCd=0&lawType=TYPE5&currentPage=2&keyField=&keyWord=&stYdFmt=&edYdFmt=&lsClsCd=&cptOfiOrgCd=
9. Choi, J.Y., Hwang, S.H., Cho, Y.S., Use-by date on food: current and future directions. *Food Ind. and Nutr.*, **27**, 6-11 (2022).
10. Lee, S.H., Kim, N.K., Yang, S.B., Yoon, S.H., Analysis of consumer responses to labeling methods for expiry and consumable dates by food type: a scenario-based experiment. *J. Korea Service Management Soc.*, **23**, 109-131 (2022).
11. U.S. Food and Drug Administration (USFDA), (2023, September 3). Food code. Retrieved from https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/RetailFoodProtection/FoodCode/ucm595139.htm
12. Consumer Affairs Agency (CAA), (2023, September 3). Guidelines for establishing food expiry date labeling. Retrieved from https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_sanitation/expiration_date/pdf/syokuhin23.pdf
13. Australian Food and Grocery Council (AFGC), (2023, September3). Best practice guide: daily intake style guide. Retrieved from https://www.afgc.org.au/wp-content/uploads/2019/06/AFGC-Best-Practice-Guide-DIG-Style-Guide-June-2016.pdf
14. New South Wales Food Authority (NSW), (2023, September 3). Shelf life testing, 'use-by' dates for food safety. Retrieved from https://www.foodauthority.nsw.gov.au/about-us/science/food-risk-studies/shelf-life-testing-and-used-by-dates
15. Koutsoumanis, K., Allende, A., Alvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., Davies, R., De Cesare, A., Herman, L., Nauta, M., Peixe, L., Ru, G., Simmons, M., Skandamis, P., Suffredini, E., Jacxsens, L., Skjerdal, T., Da Silva Felício, M.T., Hempen, M., Messens, W., Lindqvist, R., Guidance on date marking and related food information: part 1 (date marking). *EFSA J.*, **18**, e06306 (2020).
16. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ), (2023, September 3). Listeria monocytogenes. Retrieved from https://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/Guidance%20on%20the%20application%20of%20limits%20for%20Listeria%20monocytogenes%20FINAL.docx
17. Food Safety Authority of Ireland (FSAI), (2023, September 3). Validation of product shelf-life. Retrieved from https://www.fsai.ie/publications/guidance-note-18-validation-of-product-shelf-life
18. New Zealand Food Safety Authority (NZFSA), (2023, September 3). Guide to calculating the shelf life of foods : information booklet for the food industry. Retrieved from https://fstdesk.com/uploads/short-url/AqZtuYh1y64JKwBrK42YCRfYPhw.pdf
19. Food Standards Agency (FSA)., (2023, September 3). The safety and shelf-life of vacuum and modified atmosphere packed chilled foods with respect to non-proteolytic Clostridium botulinum. Retrieved from https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/the-safety-and-shelf-life-of-vacuum-and-modified-atmosphere-packed-chilled-foods-with-respect-to-non-proteolytic-clostridium-botulinum_1.pdf
20. Tokyo Metropolitan Government Bureau of Health and Medical Care., (2023, September 3). Food labeling law food labeling standards guide. Retrieved from https://www.hokeniryo.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/jourei/2018 /files/1shingikai/sankou5.pdf
21. WRAP., (2023, September 3). Product life feasibility study. Retrieved from https://wrap.org.uk/resources/report/product-life-feasibility-study
22. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, October 20) 2018. Guidelines for testing expiration date for food, livestock products, and health functional foods. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=14285&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=15
23. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, October 20). Guidelines for testing use-by-date for food, livestock products, and health functional foods. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/down.do?brd_id=data0011&seq=15279&data_tp=A&file_seq=1
24. Magari, R. T., Uncertainty of measurement and error in stability studies. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **45**, 171-175 (2007).
25. Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A., 2008. Modern food microbiology, Springer, New York, NY, USA.
26. Zweep, C., (2023, September 3). Shelf life studies. Retrieved from https://www.academia.edu/10487420/Shelf_Life_Studies_Basics_Concepts_Principles_Carol_Zweep