pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 5, pp. 373~380 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.5.373

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

가정용 식품 냉장고와 냉동고의 내부 온도 분포 실태 조사

이동빈* · 김종억 · 이자영 · 김상구 · 이상윤
풀무원기술원 식품안전실 품질기술센터

Investigation of Internal Temperature Distribution in Domestic Refrigerators and Freezers

Dong Bin Lee*, Jong Eok Kim, Ja Yeong Lee, Sang Gu Kim, Sang Yun Lee
Food Quality Technology Center, Food Safety division, Pulmuone Co. Ltd., Cheongju, Korea

(Received July 27, 2023/Revised September 5, 2023/Accepted September 5, 2023)

ABSTRACT - This study surveyed and compared the temperature distribution in domestic refrigerators and freezers used in Korea to determine whether temperature varied according to the location of food storage. We selected 50 people to collect temperature data; among them, 25 measured the temperature of refrigerators, while the remaining measured the temperature of freezers. Consequently, the lowest and highest temperatures measured in domestic refrigerators were found to be -8.2°C and 15.8°C, respectively, with an average temperature of 3.73°C. The temperature distribution based on internal location was: 5.06±1.69°C for the door storage compartment, 4.18±1.19°C for the inside wall surface, and 3.41±1.36°C for the inner storage box. Significant temperature differences between the top and bottom were only identified at the door storage compartment (P<0.01). Further, the minimum and maximum temperatures measured in the freezer was -30.3°C and 0.7°C, respectively, with an average temperature of -17.95°C. The temperature distribution based on location was: -17.19±1.68°C for the door storage compartment, -17.81±1.07°C for the inside wall surface, and -18.78±1.72°C for the inside storage box. The results were similar to that of the refrigerator, with the lowest temperature in the inside storage box, and a significant temperature difference between the top and bottom noted only at the door (P<0.01). The maximum temperature difference (between locations) within the refrigerator and freezer was found to be 2.18 and 2.02°C, respectively. In conclusion, the temperature in the entire space was not constant; there were significant deviations at different storage locations. Therefore, public authorities should actively advise customers on the recommended storage locations for each food type. People will benefit from awareness about storage management, including avoiding storage of temperature-sensitive foods in door compartment.

Key words: Domestic refrigerators and freezers, Internal Location, Temperature distribution, Cold and frozen foods

최근 1인 가구가 증가하고, 코로나 19를 계기로 집밥 수요가 늘면서 대형마트·온라인 장보기 등으로 식자재를 대량으로 구매하는 추세로 바뀌며, 간편식품의 인기가 증가함에 따라 냉장·냉동식품의 소비가 증가하고 있다. '2022년 가공식품 세분 시장 현황-냉동식품' 보고서에 따르면 6개월 내 냉동식품을 구매한 경험이 있는 전국의 20세 이상 성인남녀 500명을 대상으로 진행한 소비자 조사에서 응답자 중 51.4%가 코로나 19 이전과 비교했을 때 냉동식품 구매량이 증가했다고 답했다[1]. 이와 같이 냉장 및 냉동식품의 소비가 증가한 만큼, 식품이 제조된 이후 유통, 보관되는 과정에서의 안전성에 대한 기업 및 소비자의 관심도 커지고 있다. 코레일 유통이 식품 안전관리 강화를 위해 '안심 온도계'(Time Temperature Indicator, TTI: 한국소비자원에서 권고하는 가이드라인에 맞춰 상온에서 2시간 이상 노출될 경우 적색 경고가 시작돼 3시간 30분 경과 시 섭취를 하지 않도록 고객에게 알려주는 '시간-온도 지시계')를 도입하고[2], 한국소비자원과 식품의약품안전처가 5개 브랜드의 편의점 매장 60곳에 대한 냉장온도 관리 실태를 조사하여 개방형 냉장 진열대에 문을 설치하는 사

*Correspondence to: Dong Bin Lee, Food Quality Technology Center, Food Safety Division, Pulmuone Co., Ltd., Cheongju 28220, Korea
Tel: +82-10-6601-6187, Fax: +82-2-6499-0131
E-mail: leo.lee1@pulmuone.com

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.

업을 진행하는 등[3], 유통 과정 중 냉장·냉동 식품의 온도 관리에 다양한 노력을 기하고 있다. 이처럼 냉장·냉동 식품들을 기준 온도 이하의 철저한 콜드 체인 시스템(cold chain system)에 적용해 유통되었다 하더라도, 최종적으로는 소비자가 식품을 보관하는 기간이 가장 길어 가정 내에서의 식품 보관 관리가 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 소비자들의 의식 수준은 점점 높아지고, 이런 소비자들의 요구를 만족시키기 위하여 냉장고 제조업체들은 밀폐보관, 습도조절, 식품에 따른 보관온도 구현 등 여러 가지 특수기능들을 소비자들에게 제공하고 있지만[4], 현재까지 식품 품질의 변화 없이 가정용 냉장·냉동고에서 완벽하게 일정 온도를 유지하는 것은 기술적으로 까다로운 상태이다. 또한 유통기한이 긴 냉동식품은 소비자들이 다량 구매하여 가정 내 보관하는 기간이 길며, 사용 중 여러 번 여닫는 가정용 냉장·냉동고의 특성상 보관 위치별 식품의 안전성의 차이가 있을 것으로 추정된다. 일반적인 여닫이형 냉장고의 경우, 설치되는 바닥이 평편하지 못하거나 가동 기간이 오래됨에 따라 캐비닛이 변형될 수 있고, 캐비닛이 변형되면 캐비닛 모서리의 높이가 서로 상이하여 양쪽 문의 단차 등이 발생하는 등 고내 온도가 이탈하는 안전성 문제가 발생할 수 있다[5]. 냉장·냉동고의 보관 온도가 이탈하여 발생할 수 있는 안전성 문제는 대표적으로 식품 내 *Listeria monocytogenes*와 같은 유해 미생물이 증식하여 식중독을 유발하는 경우이며, 식중독을 유발시킬 수 있는 부적절한 냉장 및 냉동온도관리는 국제적으로 주요 원인으로 규명되고 있다[6]. 국제적으로 가정에서 식품 보관을 위한 냉장고의 온도 관리는 적정 온도가 5°C로 권장되어 왔으나, James 등[7]의 조사결과에 따르면 국제적으로도 약 30% 정도가 기준 온도 이상에서 식품을 보관하고 있다고 나타났으며, 이와 같이 적합하지 못한 냉장·냉동고의 보관 온도에서는 *Staphylococcus aureus*의 생장 및 증식 등 식중독균을 유발할 수 있는 위험요소가 있어 가정 내 냉장·냉동고의 보관 온도 관리가 매우 중요하다고 할 수 있다[8]. 대한민국의 일반 냉장고 보급률은 2019년 가구당 1.01대로 나타났으며, 우리나라 가구당 1대 이상은 가지고 있는 것으로 나타났지만[9], 현재 국내에서는 식품공전 상의 보존 온도 기준에 따라 가정에서 기준 온도가 준수되고 있는지에 대한 조사는 미흡하며, 실질적으로 설정 온도에 따른 온도와 냉장·냉동고 내부의 보관 위치별 온도 분포에 대한 데이터 또한 부족한 상황이다. 특히, 유산균 제품 또는 음료류 등 매일 섭취하는 냉장 제품 등의 보관은 흔히 냉장고 문 보관 칸에 위치한 구역에 보관하는 경우가 많으므로, 냉장고 내부나 보관함이 아닌 문쪽 보관칸에 위치한 보관함에 장기 보관되는 식품의 안전성에 관한 연구가 필요한 현황이다. 따라서 본 연구는 가정용 식품 냉장·냉동고의 보관 구역별 온도 분포 실태를 파악하기 위하여, 냉장고 위치별 온도의 분포도와 유지력의 차이를 비교 분석하였다. 이러한 연구조사 결과를 통하여 가정용 냉장·냉동고에서의 온도 관리에 대한 문제점을 제시하고, 보관 위치별 온도의 안전성의 차이를 탐구하며, 일반 소비자용 냉장·냉동식품의 보관 관리 안전성을 확보하는데 기여하고자 한다.

Materials and Methods

조사대상 및 기간

국내 가정에서 식품의 저장용으로 사용하는 냉장고 및 냉동고의 내부 온도 분포를 조사하기 위하여 ㈜풀무원 기술원(Cheongju, Korea) 근무자 중 연구 조건에 적합한 50가구를 선정하여 의뢰하였으며, 냉장고 대상 25가구 및 냉동고 대상 25가구로 분류하여 온도 측정을 실시하였다. 이들 조사대상의 냉장·냉동고는 제조사의 브랜드를 구분하지 않았으며, Fig. 1과 같이 문 쪽에 보관하는 구역이 있고, 내부에 보관함이 있는 상냉장·하냉동의 Four door 양문형 타입을 선정하였다. 또한, 온도분포에 영향을 줄 수 있는 요인의 편차를 최소화하기 위하여 식품 상단 냉장고는 용량 500 L 이상의 좌우 통합형 구조, 하단 냉동고는

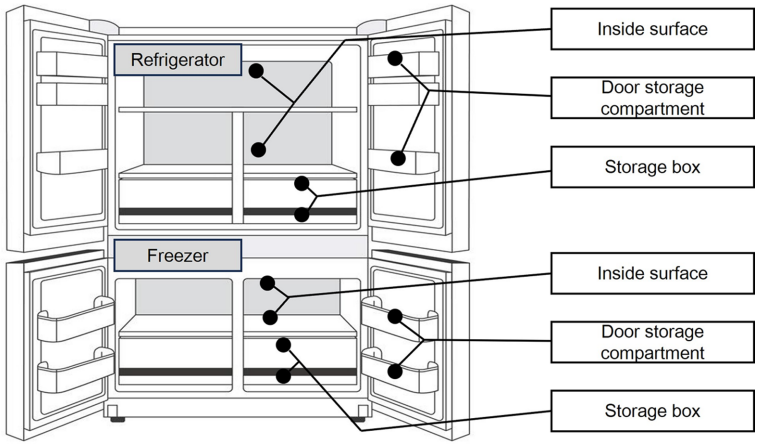

Fig. 1. Location of temperature measurement in domestic refrigerators and freezers.

용량 300 L 이상의 분리형 구조로 선정하였고, 사용 기간은 5년 이하의 설비로 실험을 진행하였다. 내부의 식품이 차지하는 부피가 과도할 경우, 온도분포의 정확성이 떨어지므로, 측정되는 위치의 온도계와 식품 간 일정한 간격을 두고, 식품을 2단 이상 겹쳐 보관하지 않도록 조건을 설정하였다. 조사 기간은 2022년 11월부터 2023년 2월까지 최소 90일 이상 Data Logger 센서를 부착하여 온도 측정을 시행하였다.

냉장·냉동고 온도 설정 및 측정

가정용 냉장·냉동고의 온도 측정은 일정 간격으로 온도를 측정하고 데이터를 저장할 수 있는 센서인 Data Logger (TP90D-CHE00 90-110 Day, EMERSON, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 실시하였다. 조사 대상자들이 본 연구의 목적을 이해하고 Data Logger의 사용법을 정확히 숙지하여 사용할 수 있도록 교육 및 훈련을 진행하였고, 온도 설정은 냉장고의 경우 3°C, 냉동고는 -18°C로 통일하였으며, 온도 측정 시간은 10분 간격으로, 각 가정에서 부착 위치와 조건에 따라 최소 90일 이상 연속적으로 측정하였다. 온도 측정 위치는 냉장고와 냉동고에 대해 각각 공간적으로 문 보관 칸, 내부 보관함, 내부 벽면의 3개 구역으로 구분하였고, 냉장·냉동 보관되는 식품 위치 및 배열순서에 따른 온도 차를 최소화하기 위하여 3개 구역을 상, 하로 구분하여 온도계를 설치하였다. 최종적으로 2(냉장, 냉동)×6(문 보관 칸, 내부 보관함, 내부 벽면의 상단 및 하단)=12곳에 대한 공간별 온도를 측정하여 공간상의 온도 분포도를 추정하였다, 조사한 자료를 바탕으로 국내 식품공전에서 규정하는 온도와 비교 및 분석하여 가정용 냉장•냉동고의 실제 보관온도가 차이가 있는지를 조사하였다.

통계 자료 분석

3개월간 측정하여 수집한 25가구의 냉장 및 25가구의 냉동온도 3,982,198개의 자료를 Excel spreadsheet (Ver. 2021, Microsoft office, Redmond, WA, USA)로 기록 및 분류하고, SPSS (Ver. 12.0, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균 및 최대·최솟값, 표준편차를 산출하여 분석하고 냉장·냉동고 내 공간별로 측정된 온도 분포는 분석 대상의 위치별 표본수가 동일한 조건으로, 분산분석인 Duncan 사후검정(Duncan's multiple range test, $P<0.01$)을 시행하여 위치별 온도 차이를 비교분석 하였다.

Results and Discussion

가정용 냉장고의 내부 설정온도와 실제 위치별 온도 분포

2022년 11월부터 2023년 2월까지 조사를 시행한 ㈜풀무원 기술원 내 25가구의 가정용 냉장고 설정온도와 실제 내부 구역별로 측정된 온도 분포 값은 Table 1과 같으며, 공간 위치별 온도에 대한 빈도분포표는 각각 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4와 같다. 측정된 25개의 냉장고는 설정온도가 공통적으로 3°C로 설정되었으며, 실제 평균 온도는 3.73±1.43°C, 최대 15.8°C, 최소 -8.2°C로 조사되었으며, 대체로 국내 식품공전에 규정된 냉장식품 보관온도인 10°C 이하 상태로 유지되지만, 식품이 보관되는 위치에 따라 온도의 편차가 다양하게 확인되었다. Table 2에 따르면, 문 보관 칸의 경우가 평균온도 5.06±1.69°C, 최대온도 15.8°C, 10°C 초과 비율이 3.5%로 가장 높게 조사되었으며, 5-10°C 비율은 40.5%, 3-5°C 비율은 35.6%, 3°C 미만 비율은 20.4%로 측

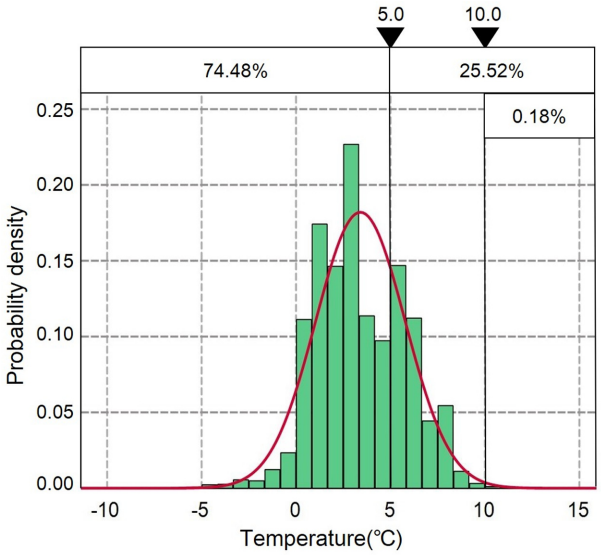

Fig. 2. The distributions measured temperature in storage box space of domestic refrigerators in Korea.

Table 1. The distributions and differences between established location and measured temperature in the space of domestic refrigerators

Established temperatures (°C)	Location of domestic refrigerators	Measured minimum temperature (°C)	Measured maximum temperature (°C)	Measured temperature (Mean±S.D. (°C))
3	Storage box	-8.2	15.1	3.41±1.36
3	Inside wall surface	-3.1	13.6	4.18±1.19
3	Door storage compartment	-0.3	15.8	5.06±1.69
Total / mean±S.D.				3.73±1.43

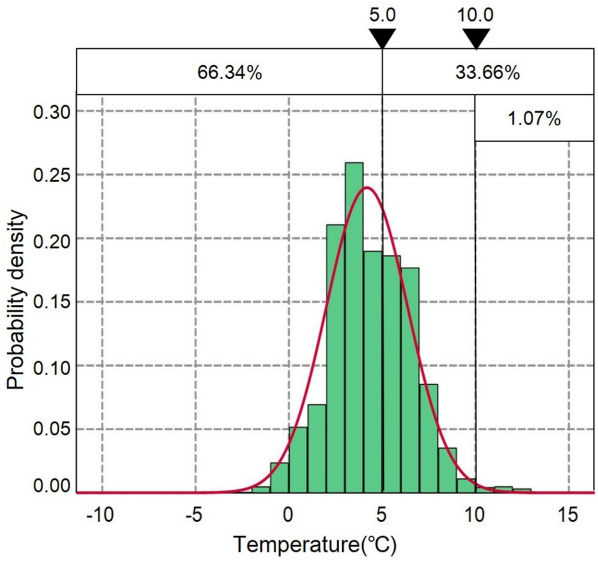

Fig. 3. The distributions measured temperature in inside wall space of domestic refrigerators in Korea.

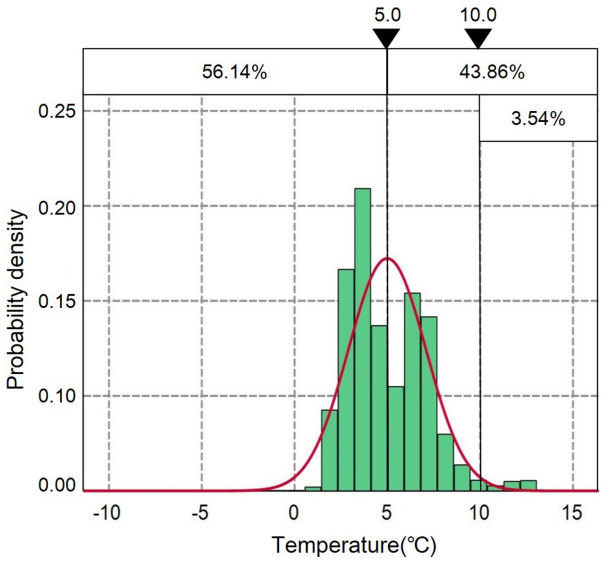

Fig. 4. The distributions measured temperature in door storage compartment space of domestic refrigerators in Korea.

Table 2. The proportion by temperature section in established location of domestic refrigerators

Location of domestic refrigerators	Distribution rate according to cold temperature range			
	<3°C	3-5°C	5-10°C	>10°C
Storage box	49.4%	25.1%	25.3%	0.2%
Inside wall surface	33.1%	33.3%	32.5%	1.1%
Door storage compartment	20.4%	35.6%	40.5%	3.5%

정되었다. 각 평균온도와 온도 구간별 분포 순위는 문 보관 칸 다음으로 내부 벽면, 내부 보관함 순서로 조사되었다. 현재 국제적으로 권장되고 있는 냉장고 온도는 5°C 이하이며[10], 국내에서도 가금육, 분쇄육, 샐러드, 훈제연어, 액란제품 등은 5°C 이하에서 보존 및 유통되도록 규정되어 있다[11]. 이러한 규정으로 보았을 때, 문 보관 칸의 온도 분포는 국제기준 및 일부 식품에 한하여 적합하게 유지되지 못하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 이는 문을 여닫으면서 발생하는 외부 노출 빈도가 높고, 몸체와 문은 외부의 열이 냉장고 내부로 침투하는 것을 최소화하기 위해 단열재로 충진이 되어있으나, 양문형 냉장고의 경우 문과 문사이 틈이 존재하게 되고 그에 따른 단열재의 두께가 감소하여 단열 성능이 비교적 저하되어[12] 발생한 것으로 추정된다. 일반적인 냉장·냉동 식품의 유통과정은 공장생산→창고 보관→유통 차량→ 판매점→소비자 순으로 진행되며, 소비자가 구매 후 보관하기 전까지 장기간 보관되는 창고 적재, 유통 차량, 판매점 진열 과정에서 온도의 영향이 높게 발생할 것으로 추정된다. 냉장창고 보관의 경우, Kim 등[13]에 따르면, 국내에서 조사한 43개 업소의 냉장보관창고 온도분포는 최저 -3.2°C,최대 14.9°C, 평균 2.55±3.55°C로 나타났고, 10°C 이상 비율은 2.5%로 확인되었으며, 조사된 냉장창고 대부분이 설정온도 10°C보다 높은 것으로 나타났다고 보고하였다. 창고 다음으로 유통차량의 경우, Park 등[14]에 따르면 국내 전북지역 중소기업 2곳의 냉장운송차량 평균 온도는 8.35±5.72°C, 대기업 5곳의 냉장 운송차량의 평균온도는 3.92±1.44°C로, 중소기업 운송차량은 냉각기 하나에서 나온 냉기로 냉동 및 냉장을 동시에 이용하기 때문에 냉각력이 낮아 온도가 높은 것으로 보고하였다. 식품이 유통 차량으로 운반되고, 백화점이나 대형할인매장, 마트와 같은 판매점에서 냉장·냉동 진열대에 전시되는 경우, Chung[15]에 따르면 6개의 대도시와 4개의 소도시에 위치한 165개의 소매점을 대상으로 547개의 냉장 진열장 및 냉장 쇼케이스의 평균 온도는 9.3°C로 측정되었다. Roh 등[16]은 백화점의 25대 냉장고 중 평균 5°C를 초과하는 것은 13대(52%) 이며, 대형할인매장의 27대 냉장고 중 16대(59%)가 평균 5°C를 초과하고, Kim[17]은 평균 온도가 5°C를 초과하는 냉장고는 백화점이 8대 중 6대(75%), 마트 및 슈퍼마켓이 16대 중 12대(75%), 편의점이 24대 중 21대(86%)가 확인되었다고 보고하였다. 또한, Choi 등[18]에 따르면 대형할인매장에서 냉장 진열대에 있는 냉장식품 표면의 평균온도는 10.7±2.9°C, 최소 4.6°C와 최대 18.4°C까지 분포하는 것으로 나타났다. 즉,

국내 냉장식품 유통 과정에서 최종적으로 소비자가 구매하기 직전까지 10°C 이하의 온도 유지는 비교적 원만하게 이루어지나, 5°C 이하의 저온 유통 시스템(Cold chain system)은 완벽하게 이루어지지 못하는 상태이며, 식중독균 중 *Clostridium botulinum*은 3.3°C, *L. monocytogenes*는 5°C, *Salmonella spp.*는 6°C 이하의 낮은 온도에서도 생장할 수 있는 식중독 세균으로 10°C 이하의 보관제품에서 오염 가능성이 있고, 생존 및 증식하여 식중독을 발생시킬 수 있는 것으로 보아[19,20], 최종적으로 보관되는 소비자 냉장·냉동고에서의 보관 관리가 식중독균의 생장을 예방하는 것에 매우 중요하다고 할 수 있다. 또한, 고내 제품의 적재 방식 및 냉각기의 위치에 따라 냉기 속도 및 공기의 흐름이 온도에 영향을 주는 것으로 나타났으며[21,22], 이에 따라 냉기의 흐름을 방해하지 않고 냉장고 내부 온도를 균일하게 유지할 수 있도록 식품의 종류에 따른 배치방식 및 위치에 대한 가이드를 제시할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

가정용 냉동고의 내부 설정온도와 실제 위치별 온도 분포

㈜풀무원 내에서 조사된 25가구의 냉동고 설정온도와 실제 내부 구역별로 측정된 온도 분포 값은 Table 3과 같으며, 공간 위치별 온도에 대한 빈도분포표는 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7과 같다. 조사된 25개의 냉동고는 설정온도가 공통적으로 -18°C로 설정되었으며, 실제 평균 온도는 -17.95 ±1.48°C, 최고 온도 0.7°C, 최저 온도 -30.3°C로 측정되었

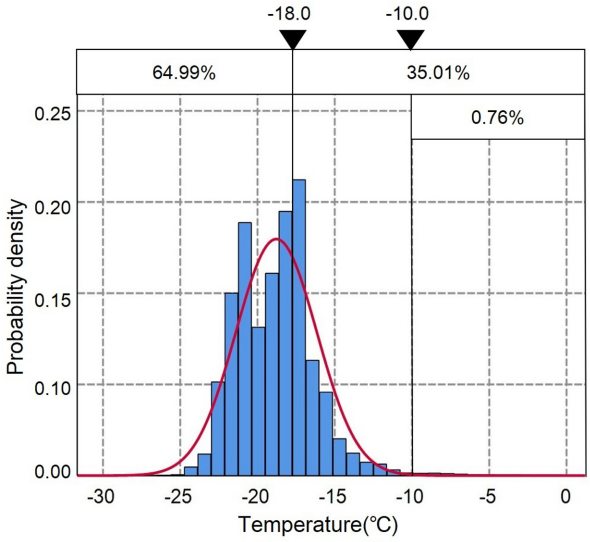

Fig. 5. The distributions measured temperature in storage box space of domestic freezers in Korea.

Table 3. The distributions and differences between established location and measured temperature in the space of domestic freezers

Established temperatures (°C)	Location of domestic freezers	Measured minimum temperature (°C)	Measured maximum temperature (°C)	Measured temperature (Mean±S.D. (°C))
-18	Storage box	-26.1	-1.6	-18.78±1.72
-18	Inside wall surface	-30.3	-2.2	-17.81±1.07
-18	Door storage compartment	-25.7	0.7	-17.19±1.68
Total / mean±S.D.				-17.95±1.48

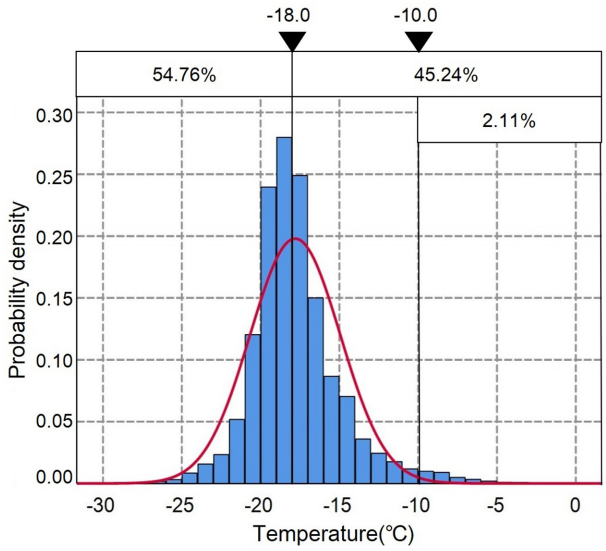

Fig. 6. The distributions measured temperature in inside wall space of domestic freezers in Korea.

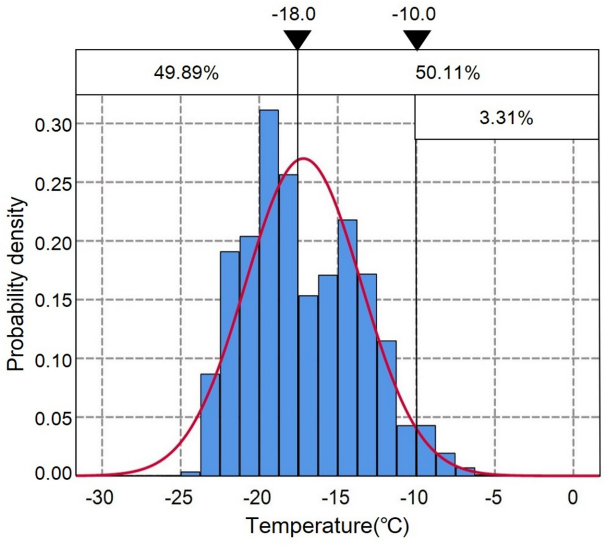

Fig. 7. The distributions measured temperature in door storage compartment space of domestic freezers in Korea.

Table 4. The proportion by temperature section in established location of domestic freezers

Location of domestic freezers	Distribution according to freezing temperature range			
	< -18°C	-18--15°C	-15–-10°C	> -10°C
Storage box	65.0%	29.7%	4.6%	0.7%
Inside wall surface	54.8%	32.4%	10.7%	2.1%
Door storage compartment	49.9%	20.6%	26.2%	3.3%

다. 이러한 측정값은 식품공전에 규정된 -18°C 이하 기준값에 부합하지만, Table 3과 같이 보관 위치에 따라 다양한 편차가 발생함을 확인할 수 있었으며, 3개의 위치 중 문 보관 칸의 경우가 평균온도 -17.19±1.68°C, 최고 온도 0.7°C, 최저 온도 -25.7°C로 가장 높게 조사되었다. 마찬가지로 Table 4에 따르면, 문 보관 칸의 -10°C 초과 비율이 3.3%로 가장 높게 확인되었으며, -15–-10°C 비율은 26.2%, -18–-15°C 비율은 20.6%, -18°C 미만 비율은 49.9%로 조사되었다. 이처럼 냉동고의 위치별 온도 분포 순위는 냉장고의 분포 경향과 동일한 순서로 나타났으며, 마찬가지로 문을 여닫는 과정에서 가장 근접한 문쪽 보관칸이 외부에 노출되는 빈도가 높아 온도가 상승한 것으로 추정된다. 냉동식품 또한 소비자가 구매 후 보관하기 전까지 장기간 보관되는 창고 적재, 유통 차량, 판매점 진열 과정에서 온도의 영향이 높게 발생할 것으로 추정된다. 냉동창고 보관의 경우, Bahk 등[23]에 따르면, 국내에서 조사한 8개 업의 냉동보관창고 온도분포는 최저 -25.8°C, 최고 -10.3°C, 평균 -20.48±3.08°C로 나타났고, -18°C 이상 냉동창고 비율은 20.4%로 나타났으며, 냉동창고 내 27개의 모든 구역에서 온도가 일정하게 유지되는 것이 아니며, 편차가 존재하는 것으로 확인되었다. 유통 차량의 경우, Park 등[14]에 따르면 국내 전북지역 중소기업 2곳의 냉동운송차량 평균 온도는 -3.45±16.88°C, 대기업 5곳의 냉동 운송차량의 평균온도는 -15.38±2.98°C로, 국내 기준보다 훨씬 웃도는 온도를 나타냈으며, 다음으로 판매점에서는 Chung[15]에 따르면 6개의 대도시와 4개의 소도시에 위치한 165개의 소매점을 대상으로 510개의 냉동 진열장 및 냉동 쇼케이스의 평균 온도는 -7.2°C로 측정되었다. 그리고 Roh 등[16]은 평균 온도가 -18°C를 초과하는 냉동고는 백화점이 23대 중 21대(91%), 슈퍼마켓이 22대 중 21대(95%)로 나타났다고 보고하였고, Kim[17]은 평균 온도가 -18°C를 초과하는 냉동고는 백화점이 12대 중 3대(25%), 마트 및 슈퍼마켓이 24대 중 12대(50%), 편의점이 16대 중 5대(31%)가 확인되었다고 보고하였다. 또한, Choi 등[18]에 따르면 대형할인매장에서 냉동진열대에 있는 냉동식품, 냉동육, 냉동가공식품, 아이스크림의 표면 온도는 각각 -13.8°C, -15.9°C, -16.8°C로 조사되었으며, 조사 대상 냉동식품의 32.3%만이 표면 온도가 -18°C 미만으로 나타났다. 온도 변화에 따른 미생물의 성장 정도를 조사한 결과, 동일 온도에서도 범위의 편차가 클수록 *L. monocytogenes*의 성장이 더 빠른 것으로 나타난다는 것[24]과 더불어, 고기완자, 돈가스, 만두와 같은 냉동식품이 -18°C 이상에서 유통기한 이내에 품질 척도인 VBN 함량, TBA가, pH 값의 증가가 관찰[25]되는 것으로 미루어 보아, 식품의 유통 과정에서 기준 온도를 유지하기 위한 철저한 Cold chain 관리와, 가정용 냉장·냉동고 내부의 온도 편차를 최소화하는 것이 식품을 미생물·이화학적으로 안전하게 섭취할 수 있는 요인이라 할 수 있겠다.

냉장·냉동고 내부 위치별 상·하단 온도분포

냉장 및 냉동고의 각 위치 내에서도 상단 및 하단으로 구분하여 온도 측정을 진행한 결과, Fig. 8의 (A)에서 나타난 것처럼 냉장고 내부의 위치별 평균 온도분포는 문 보관 칸 상단 4.65±1.64°C, 하단 5.47±1.77°C, 내부 벽면 상단 3.95±1.24°C, 하단 4.41±1.16°C, 내부 보관함 상단 3.55±1.35°C, 하단 3.29±1.36°C로, 문 보관 칸에서만 상단 및 하단의 유의적인 온도 차이를 확인하였다(P<0.01). 냉동고는 (B)에서 나타난 것처럼 내부의 위치별 평균 온도분포는 문 보관 칸 상단 -16.87±1.65°C, 하단 -17.51±1.71°C, 내부 벽면 상단 -17.63±1.08°C, 하단 -17.99±1.07°C, 내부 보관함 상단 -18.67±1.67°C, 하단 -18.89±1.78°C로, 냉장고와 마찬가지로 문 보관 칸에서만 상단 및 하단의 유의적인 온도 차이를 확인하였으며(P<0.01), 냉장고는 문 보관 칸의 하단 온도가 더 높고, 냉동고는 문 보관 칸의 상단 온도가 더 높은 차이점이 확인되었다. 이는 냉장고의 냉각기가 상단에 위치하고 냉동고는 하단에 위치함에 따라 편차가 발생한 것으로 추정된다. 이에 따라 보관온도 유지의 보완 방안으로 냉장·냉동고 제조사와 공공기관에서 식품별 권장 보관 위치를 고객들에게 적극적으로 권고하고, 각 가정에서는 유산균 제품과 같은 온도 변화에 민감한 식품을 보관할 경우 평균온도가 가장 높게 측정된 문 보관 칸 하단 보관을 지양하는 등 보관관리 의식을 가져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 국내 가정 내 사용하고 있는 냉장고와 냉동고의 위치별 온도 분포에 대한 광범위하고 체계적인 조사의 필요성을 제시하고 있다. 식중독은 일상생활에서 많이 발생하고 있는 문제이며, 그 중에서도 냉장고 내 식품보관에 따라 식중독 위험이 크게 변동될 수 있다. 하지만 국내에서는 가정 내 냉장고 식품보관 온도 분포에 관

(A)

Inside wall surface		Door storage compartment	
Upper	3.95 ± 1.24[1)bcd2)]	Upper	4.65 ± 1.64[cf]
Lower	4.41 ± 1.16[cdf]		
Storage box			
Upper	3.55 ± 1.35[abd]		
Lower	3.29 ± 1.36[ab]	Lower	5.47 ± 1.77[e]

(B)

Inside wall surface		Door storage compartment	
Upper	-17.63 ± 1.08[cde]	Upper	-16.87 ± 1.65[f]
Lower	-17.99 ± 1.07[cd]		
Storage box			
Upper	-18.67 ± 1.67[abc]		
Lower	-18.89 ± 1.78[ab]	Lower	-17.51 ± 1.71[de]

1)Each value is mean ± S.D.(℃)
2)Values with different superscripts in each of (A) and (B) are significantly different at $p < 0.01$ by Duncan's multiple range test.

Fig. 8. The temperature distributions by space-location in domestic refrigerators and freezers in Korea; (A) Refrigerators (B) Freezers.

한 체계적인 조사가 이루어지지 않아, 이에 따른 식중독 발생 위험성을 완전히 파악하고 예방하기 어려운 상황이다. 본 연구 결과는 냉장고 내 식품의 온도 분포를 체계적으로 조사하고, 이를 기반으로 더욱 정확한 식중독 예방관리 방안을 마련하는 데 기여할 수 있다는 것을 시사하고 있으며, 이러한 연구가 국내 식품 안전 관리 수준을 향상하는 데 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 하지만 국내 가정집의 모집단 선정 어려움 및 지역적 위치의 한계 때문에 전국적인 수준의 통계적 유의성이 낮은 한계점을 가지고 있다. 식품의 안전성을 높이기 위해서는 가정 내 냉장고와 냉동고의 식품보관 온도 분포에 대한 보다 체계적이고 광범위한 전국적인 조사 및 연구가 세부적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 ㈜풀무원의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내 가정에서 사용하고 있는 냉장고 및 냉동고의 온도 분포에 대한 현황을 파악하기 위하여 냉장고 대상 25가구, 냉동고 대상 25가구를 선정하고 온도 측정을 시행하였다. 가정용 냉장 및 냉동고의 실제 공간상의 온도 분포 조사 결과, 냉장고 대상 가구에서 측정된 온도는 최저 -8.2°C, 최고 15.8°C, 평균 3.73°C로 조사되었으며, 공간 위치별 온도 분포는 문 보관 칸 5.06±1.69°C, 내부 벽면 4.18±1.19°C, 내부 보관함 3.41±1.36°C로 내부 보관함의 온도가 가장 낮았고, 각 위치에서 상단 및 하단의 유의적인 온도 차이는 문 보관 칸에서만 확인되었다(P<0.01). 냉동고 대상 가구에서 측정된 온도는 최저 -30.3°C, 최고 0.7°C, 평균 -17.95°C로 조사되었으며, 공간 위치별 온도 분포는 문 보관 칸 -17.19±1.68°C, 내부 벽면 -17.81±1.07°C, 내부 보관함 -18.78±1.72°C로 냉장고 결과와 동일하게 내부 보관함의 온도가 가장 낮고, 문 보관 칸에서만 상·하단의 유의적인 온도 차가 확인되었다(P<0.01). 냉장·냉동고 내에서 위치별 최대 온도 차이는 각각 2.18°C, 2.02°C로 확인되었으며, 결론적으로 냉장·냉동고 전체의 온도가 일정하게 유지되는 것이 아니며, 보관되는 위치별로 유의적인 편차가 존재하는 것으로 나타났다. 이에 따라 냉장·냉동고 제조사와 공공기관에서 식품별 권장 보관 위치를 고객들에게 적극적으로 권고하고, 각 가정에서는 온도 변화에 민감한 식품을 보관할 경우 문쪽 보관을 지양하는 등 보관 관리 의식을 가져야 할 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Dong Bin Lee https://orcid.org/0009-0007-1906-9197
Jong Eok Kim https://orcid.org/0009-0000-4670-2356
Ja Yeong Lee https://orcid.org/0009-0005-3329-1857
Sang Gu Kim https://orcid.org/0000-0002-8392-2267
Sang Yun Lee https://orcid.org/0000-0002-7652-5714

References

1. Korea Agro-Fisheries&Food Trade Corporation, (2023, March 2). Processed food market status report. Retrieved from https://www.atfis.or.kr/home/board/FB0027.do?act=read&subSkinYn=N&bpoId=4466 &bcaId=0&pageIndex=1
2. Newswatch, (2023, April 11). Korail distribution introduces 'safe thermometer' to strengthen food safety management. Retrieved from https://www.newswatch.kr/news/articleView.html?idxno=60985

3. Food news, (2023, April 7). Convenience store‘s 'door type refrigerator' is efficient in storage temperature management and energy saving. Retrieved from https://www.food-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=103364
4. Kim, B.K., Implementation of temperature uniformity for the chiller room in a bottom freezer refrigerator. Master's thesis, Pusan National University, Pusan, Korea (2018).
5. Weng, L., Yun, J.D., Jung, Y.H., Development of the auto leveling mechanism for side-by-side refrigerator doors. *JKAIS*, **13**, 3165-3174 (2012).
6. Jackson, V., Blair, I.S., McDowell, D.A., Kennedy, J., Bolton D.J., The incidence of significant foodborne pathogens in domestic refrigerators. *Food control*, **18**, 346-351 (2007).
7. James, S.J, Evans, J., James, C., A review of the performance of domestic refrigerators. *J. Food Eng.*, **87**, 2-10 (2008).
8. Bahk, G.J., Statistical probability analysis of storage temperatures of domestic refrigerator as a risk factor of foodborne illness outbreak. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **42**, 373-376 (2010).
9. Korea Power Exchange (KPE), (2023, April 15). A study on the supply status of household appliances (2019). Retrieved from https://new.kpx.or.kr/board.es?mid=a10502000000&bid=0045&list_no=51778&act=view
10. McCabe-Sellers, B.J., Beattie, S.E., Food safety: emerging trends in foodborne illness surveillance and prevention. *J. Am. Diet. Assoc*., **104**, 1708-1717 (2004).
11. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Food code 2023-56, MFDS, Cheongju, Korea (2023).
12. Jin, Y.W., A study on the anti-dew design at the dew vulnerable areas for a household refrigerator. Master’s thesis, Keimyung University, Daegu, Korea (2011).
13. Bahk, G.J., Behk, O.J., Kim, S.K., Kim, H.T., The survey of cold storage temperature and determine of appropriate statistics probability distribution model. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 312-316 (2012).
14. Park, M.S., Bahk, G.J., Current state for temperature management of cold and frozen food transportation vehicles in jeonbuk province. *J. Food Hyg. Saf.*, **32**, 107-113 (2017).
15. Chung, K.H., Plan for improving the retail channel of the cold-chain system. *Health Soc. Welfare Rev.*, **17**, 17-42 (1997).
16. Roh, P.U., Bin, S.O., Temperature control freezers and refrigerators in department stores and supermarkets. *Kor. J. Env. Hlth. Soc.*, **27**, 69-74 (2001).
17. Kim, J.G., A survey of the temperature control of refrigerators and freezers in retail food shops. *Kor. J. Env. Hlth. Soc.*, **28**, 161-171 (2002).
18. Choi, M.S., Bahk, G.J., Choi, J.A., Kim, M.H., The comparison and distribution of temperatures established in display stands and food surfaces for cold and frozen foods in large discount stores in korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **26**, 308-314 (2011).
19. Tiganitasa, A., Zeakia, N., Gounadakib, A.S., Drosinosa, E.H., Skandamis, P.N., Study of the effect of lethal and sublethal pH and aw stresses on the inactivation or growth of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium*. *Int. J. Food Microbiol.*, **134**, 104-112 (2009).
20. Park, M.S., Bahk, G.J., Current state for temperature management of cold and frozen food transportation vehicles in jeonbuk province. *J. Food Hyg. Saf.*, **32**, 107-113 (2017).
21. 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. Food Hyg. Saf.*, **23**, 304-308 (2008).
22. Jung, D.S., Kweon, M.R., Auh, J.H., Cho, K.Y., Choi, Y.H., Kook, S.U., Park, K.H., Effects of temperature and fluctuation range on microbial growth and quality of foods stored in domestic refrigerator. *Korean J. Fd. Sci. Technol.*, **28**, 632-637 (1996).
23. Bahk, G.J., Park, M.S., Kim, G.R., Analysis of temperature and probability distribution model of frozen storage warehouses in south korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **34**, 199-204 (2019).
24. 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).
25. Cho H.S., Effects of retail distribution temperature on shelf-life and quality of frozen foods. Master’s thesis, Korea University, Seoul, Korea (2001).