

참치의 해동온도 별 미생물 오염수준 변화

정승원 · 이남재 · 이광근 · 홍광원 · 이승주
동국대학교 식품공학과

Changes in Microbiological Contamination in Tuna (*Katsuwonus pelamis*) of Various Thawing Temperature

Seung Won Jung, Nam Jae Lee, Kwang-Geun Lee, Kwang Won Hong and Seung Ju Lee
Department of Food Science & Technology, Dongguk University

Abstract

This study investigated the effect of thawing temperature on the microbial risk changes of frozen tuna (*Katsuwonus pelamis*) fillet. All samples were placed at -20°C for frozen. Three different thawing temperatures (4°C , 10°C , 15°C) were delivered by controlling the thawing chamber temperature as heat convection. The results were summarized as follows; The viable counts of aerobic bacteria, Coliform group, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* before thawing were 11.68 ± 0.15 CFU/g, 0 CFU/g(not detect), 0 CFU/g(not detect) and 0 CFU/g(not detect) of frozen tuna fillet block respectively. The viable counts of aerobic bacteria by thawing at 4°C , 10°C and 15°C were 33.16 ± 0.04 CFU/g, 40.27 ± 0.10 CFU/g and 37.25 ± 0.13 CFU/g respectively. The viable counts of Coliform group by thawing at 4°C , 10°C and 15°C were 6.59 ± 0.12 CFU/g, 11.91 ± 0.04 CFU/g and 8.26 ± 0.17 CFU/g, respectively. *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were not detected at all thawing temperature.

Key words: tuna, microbial risk, thawing

서 론

경제적 생활 수준이 향상됨에 따라 식생활도 점차 영양과 질병 예방 위주로 변하고 있다. 이러한 식품 중 참치는 고단백식품으로 영양적으로 우수할 뿐만 아니라 혈중 cholesterol 농도를 낮춰 동맥 경화를 예방하며, 항암 작용이 있다고 알려져 각광을 받는 식품으로 최근에는 시장 규모가 연간 1만5천톤에 이르고 있다. 참치는 대부분이 냉동 상태의 fillet 이나 fish steak로 수송되어, 참치 통조림이나 헛감용으로 판매되고 있다. 이러한 냉동 어육은 특히 해동 시, drip의 유출(Lee et al., 1997), 조직의 연화 및 온도상승에 따라 미생물과 효소의 작용에 의한 부패 등이 문제가 되고 있고, 저장이나 유통, 조리

과정에서 냉동과 해동을 반복하는 경우에는 gel 형 성능이 감소하여(Kim et al., 1986) 품질의 열화를 초래하게 된다. Bauman(1974)은 냉동식품의 종류가 다양하고 각기 제조공정이 달라도 미생물, 시설위생, 해동 온도·시간관계, 종업원위생의 4가지 공통된 Critical Control Point(CCP)를 제시하였고 미생물 검사와 기준 설정의 필요성을 강조하였다.

해동방법으로는 열전도를 이용한 해동(공기에 의한 해동, 열판에 접촉시키는 방법), 물을 이용한 방법, 증기를 이용한 방법)과 전기적 해동(dielectric thawing, resistive thawing, microwave thawing)으로 크게 나눌 수 있다. 재래의 해동방법은 주로 4°C 저온해동, 유수해동 및 상온해동 등으로서 대부분이 열전도율이 낮기 때문에 해동시간이 길고, 넓은 공간을 필요로 하며, 미생물성장이 빠르고, 육표면의 산화로 인한 육색의 변화 등이 야기된다(Heinz, 1972). 따라서 해동 시간이 짧고 해동 drip을 최대한 감소시키며, 기능성이 좋은 해동육을 얻을 수 있

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, 3Ga 26, Pildong, Junggu, Seoul 100-715, Korea
Phone: +82-02-2260-3372, Fax: +82-02-2260-3372
E-mail: Lseungju@dongguk.edu

는 해동방법이 모색되었으며, 이러한 방법으로 90% 이상의 상대습도로 조절된 35~60°C의 열풍을 강제 순환시켜 1차적으로 급속 해동시킨 후, 7~13°C의 찬 공기로 2차 해동시키는 방법, 유전가열(dielectric heating) 및 초단파가열(microwave heating)을 이용한 해동방법 등이 식품산업에 이용되고 있다(Swift *et al.*, 1979; Edgar, 1981).

해동공정에서 일반적인 위생상의 문제점은 내부의 얼음을 녹이는 과정 중에 표면과 같은 그 밖의 부분은 이미 해동된 상태에 있기 때문에 세균이 증식하기 쉬운 환경이 되어 식품 오염의 가능성이 높아진다는 점이다. 한편, 어육을 해동시키면 어육내의 미생물들은 수분결빙으로 인하여 농축되어지는 세포외액에 노출되며, 농축된 세포외액과의 삼투압차에 의해 탈수되어 일부는 치사되기도 하고 일부는 세포의 구조와 기능에 반치사적 손상을 입게 된다(Speck와 Ray, 1977). 그러나 해동에 의해 손상 입은 균들은 적당한 온도와 영양이 주어지면 스스로 손상을 회복하고 증식을 계속할 수 있기 때문에 잠재적 위험요소가 되고 있다(Ray, 1979).

이상과 같이 어육은 중요한 영양 공급원이나, 손쉽게 부패하여 식중독을 자주 일으키는 식품이다. 특히 냉동어육은 해동 후에는 오히려 더욱 부패되기 좋은 상태에 놓일 가능성(신호선 등, 1995)이 높기 때문에 그로 인한 잠재적 위험을 예측하고 방지하는 것이 필요하다. Peterson 등(1974)은 냉동식품 공정에 대한 HACCP 모델을 제안하여 미생물의 오염과 증식이 일어날 수 있는 공정상의 CCPs를 설정하였다. 따라서 본 연구에서는 냉동식품의 안전성을 확보하기 위한 하나의 수단으로 대형음식점에서 활용하고 냉동참치를 대상으로 재래의 해동방법에 따른 미생물 오염수준을 검사하였다. 즉, 서로 다른 온도에서 해동시키면서 해동온도 곡선과 세균수를 비교 분석하여 위생적 안전성 관리에 필요한 자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

냉동 참치(*Katsuwonus pelamis*) 포장육(4.0×5.0×21.0 cm, 중량 230±20 g, 석정수산(주), 한국)을 4°C에서 3시간 해동시켜 4.0×5.0×5.0 cm로 절단 후, 중심부에 thermistor(Pt 100 Ω)를 삽입하고, 랩을 씌운 후 -20°C의 심온냉동기(DF 9007, IL SHIN ENGINEERING CO.)에서 냉동 상태로 보관하면서

시료로 사용하였다.

실험용 배지

일반세균(aerobic bacteria) 수는 petri-film aerobic count plate(PAC, 3M, USA), 대장균군(Coliforms) 및 대장균(*Escherichia coli*)은 petri-film E. coli/Coliform count plate(PEC, 3M, USA), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)은 petri-film staph express count plate(STX, 3M, USA)로 측정하였다. 균수 측정을 위한 희석액을 0.1% buffered peptone water(Difco TM, USA)를 멸균하여 사용하였다.

해동 및 해동속도 측정

해동온도의 측정은 참치시료의 기하학적 중심부와 표면에 thermistor를 장착한 후, 4°C, 10°C, 15°C의 저온인큐베이터(MIR-152, Sanyo, Japan)에서 참치 시료를 중심부와 표면의 온도가 동일온도가 될 때까지 해동하였다. 해동속도는 표면온도와 중심부의 온도가 동일하게 될 때까지의 시간으로, 시료의 중심점까지의 거리를 나눈 값으로 나타냈다(Kim *et al.*, 1990). 이때 온도는 thermistor를 hybrid recorder(HR 100N-6P, Konics Co. LTD, Korea)와 연결하여 측정하였다(Fig. 1).

시료채취 및 균수측정

참치를 해동한 후 식품공전(식품의약품안전청, 2005a)에 따라 채취하여 homogenate를 만든 후, 10배씩 희석하여 희석액 1 ml를 petri-film의 표면에 분주하였다. 실험은 3회 반복하였으며 일반세균(aerobic

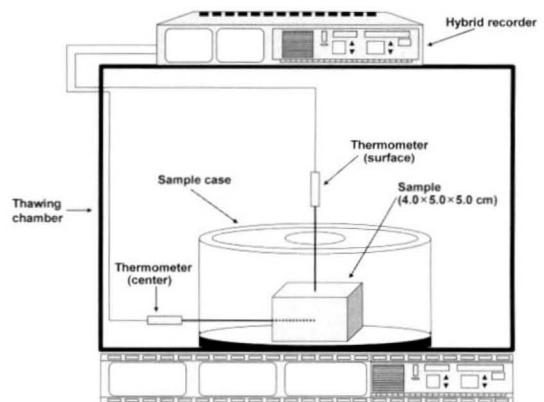


Fig. 1. The schematic diagram of the simple device to thaw.

bacteria)는 35±1°C에서 24~48시간, 대장균군(Coliforms) 및 대장균(*E. coli*)은 35±1°C에서 24~48시간, 황색포도상구균(*S. aureus*)은 35±1°C에서 24시간 배양한 후 colony 수를 측정하여 참치 1g당의 colony forming unit(CFU/g)로 나타내었다.

결과 및 고찰

해동방법에 따른 냉동 참치의 해동속도

-20°C에서 냉동 저장한 참치 시료를 서로 다른 온도에서 해동한 결과는 Fig. 2와 Table 1과 같다. 4.0×5.0×5.0 cm 규격의 냉동 참치를 4°C, 10°C, 15°C에서 해동하면서 중심부와 표면의 온도가 동일하게 될 때까지의 해동에 소요되는 시간은 각각 424±

Table 1. Thawing time and thawing rate of frozen tuna (*Katsuwonus pelamis*) sample at various temperatures

Thawing temperature (°C)	Thawing time (mins)	Thawing rate (cm/h)
4°C	424.00±3.61 ¹⁾	0.36±0.06
10°C	306.67±6.11	0.49±0.01
15°C	243.00±2.00	0.62±0.01

¹⁾Mean±Standard deviation of three replications.

3.61분, 306.67±6.11분, 243.00±2.00분이 소요되었으며, 0.36±0.06 cm/h, 0.49±0.01 cm/h, 0.62±0.01 cm/h의 해동속도를 보였다. Fig. 2에서와 같이, 대개 -4°C 이하에서 -20°C사이에서는 온도상승이 급하고 -1°C~4°C 범위에서는 그 변화가 둔화한 것으로 나타났는데 이것은 열량이 얼음을 녹이는 용해잠열로 사용되기 때문이다(송재철과 박현정, 2000). 이때 이 온도 범위를 최대유효 해동 온도대(effective thawing temperature zone)라 한다.

해동온도에 따른 미생물학적 위해의 변화

Table 2는 냉동상태의 참치를 4°C, 10°C, 15°C에서 해동하였을 때 시간에 따른 균수의 변화를 나타낸 것이다. 해동되지 않은 냉동 참치 포장육에 대한 균수 측정 시, 일반세균(aerobic bacteria) 수는 11.68±0.15 CFU/g이었으며, 대장균군(Coliforms), 대장균(*Escherichia coli*) 및 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)은 검출되지 않았다. 이는 그대로 먹는 수산물에 대한 미생물 잠정규격(식품의약품안전청, 2005b)에서 언급한 내용에 적합한 규격이었다.

냉동 참치 포장육을 4, 10, 15°C에서 해동을 완료하였을 때 각각의 일반세균수는 33.16±0.04, 40.27±0.10, 37.25±0.13 CFU/g이었다. 일반세균은 참치에 생존하고 있는 세균 중 petri-film aerobic count plate에서 자라는 균의 총수이다. 즉 일반세균수는 37°C에서 배양될 수 있는 총세균수이기 때문에 모든 세균을 나타낼 수는 없다. 본 실험에서의 결과는 Chang과 Choe(1973)의 시판 어패류에서의 일반세균수 10^{5.18} CFU/g과 Chang *et al.*(1975a)의 냉동 어패류에서의 일반세균수와 Iyer와 Shrivastava(1989)의 인도 냉동어패류에서의 일반세균수 10^{4.96} CFU/g보다 낮았다. 해동 온도에 따른 일반세균수의 변화를 살펴보면, 초기에 11.68±0.15 CFU/g 수준이었던 것이 4, 10, 15°C에서 각각 2.84±0.04, 3.45±0.04, 3.19±0.03배씩 일반세균이 증가하였다. Solberg *et al.*(1990)의 기준에 의하면 가열공정을 거치지 않은 식품은 일반세균수가 10⁶ CFU/g 이상인 경우 위

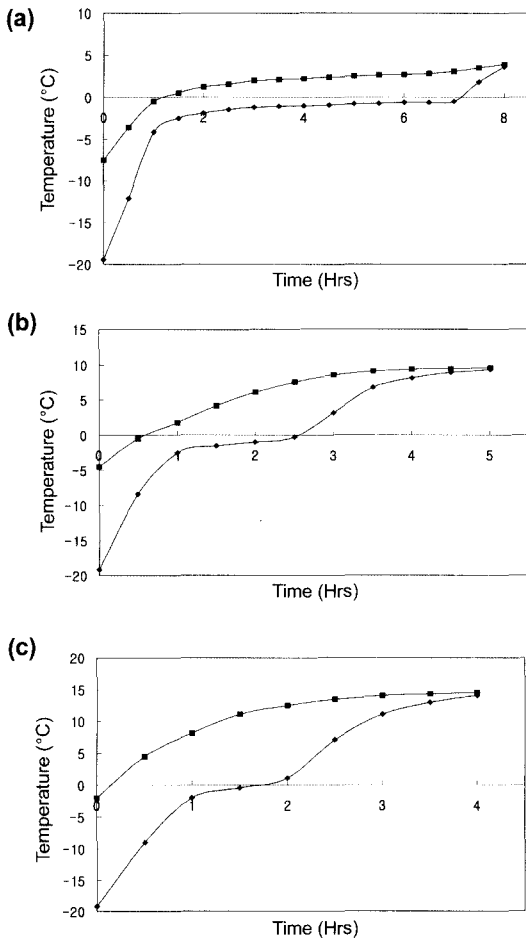


Fig. 2. Thawing curves of frozen tuna samples at various temperatures (a: 4°C, b: 10°C, c: 15°C). -■- : surface temperature, -◆- : central temperature.

Table 2. Microbial risk changes of Tuna (*Katsuwonus pelamis*) during thawing at different temperatures

Strains	Viable Cell Count (CFU/g) ¹⁾					
	4°C		10°C		15°C	
	0 hr ²⁾	7 hrs	0 hr	5 hrs	0 hr	4 hrs
Aerobic bacteria	11.68±0.15 ³⁾	33.16±0.04	11.68±0.15	40.27±0.10	11.68±0.15	37.25±0.13
Coliforms	N.D. ⁴⁾	6.59±0.12	N.D.	11.91±0.04	N.D.	8.26±0.17
<i>Escherichia coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
<i>Staphylococcus aureus</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

¹⁾Microbial numbers are expressed as colony forming unit(CFU) per g of the samples.

²⁾Temperature of tuna(-20°C) was delivered by controlling deep freezer.

³⁾Mean±Standard deviation of three replications.

⁴⁾Not Detected(0 CFU/g).

생을 개선할 필요가 있다고 하였는데, 본 실험에서의 결과와 비교하면 실험에서 적용한 해동온도 모두 위생적으로 안전한 것으로 사료된다.

대장균군 수는 4, 10, 15°C에서 각각 6.59±0.12, 11.91±0.04, 8.26±0.17 CFU/g이었다. 분뇨 특히 분변에는 각종 세균과 소화기계 병원균이 상존하므로 분변이 오염되는 것은 위생상 좋지 않다. 대장균군(Coliform group)은 병원성 세균은 아니지만, 오염지표세균으로서 병원성 세균의 존재를 간접적으로 증명할 수 있는 지표균이다. 대장균군에는 자연계에 존재하는 균, 예를 들면 *Enterobacter*, *Klebsiella* 등은 토양이나 하천수 또는 연안 해수에서도 많이 검출되고 있으므로 대장균군의 검출을 곧 분변 오염이라고 단정하기는 어렵다. 본 실험에서의 대장균군 결과는 Chang과 Choe(1973)의 10^{1.7} CFU/g보다 낮은 값을 나타내었으며, Chang *et al.*(1975)의 0보다 높은 값을 나타내었다. 이 같은 결과는 전자의 경우는 가공 과정에서 오염되었기 때문이며, 후자는 냉동 어패류이기 때문에 본 실험에서의 해동하지 않은 냉동 포장육과 일치한 결과이다. 해동 전에는 검출되지 않았던 대장균군이 4, 10, 15°C에서 각각 6.59±0.12, 11.91±0.04, 8.26±0.17배씩 증가하였으며, 비교적 온도가 낮은 10°C의 경우, 15°C에 비하여 1.43±0.03배나 많은 대장균군이 검출되었으나, Solberg *et al.*(1990)이 제시한 대장균군수 10³ CFU/g 이하의 기준과 비교해보면 위생상태가 안전한 수준이었다.

황색포도상구균수는 모든 해동온도에서 검출되지 않았다. 황색포도상구균(*S. aureus*)은 사람이나 동물의 화농성 질환, 패혈증 또는 식중독의 원인균으로 알려져 있으며, 사람, 동물 및 주변환경에 널리 분포하고 있다. 이 균은 자연환경에 대한 저항성이 강하기 때문에 사람이나 동물의 건강한 피부나 비강

은 물론 먼지나 쓰레기, 실내에 널리 분포되어 있으며, 따라서 식품을 오염시킬 기회가 많다. 황색포도상구균은 *Salmonella*와 같이 사철을 불문하고 발생되는 식중독의 중요한 원인균으로, 이 균에 의해 생성된 장독소(enterotoxin)를 사람이 식품과 함께 섭취하면 식중독을 일으키는 대표적인 독소형(toxin type) 식중독균이다(Easmon과 Goodfellow, 1990). 본 실험에서의 결과는 Jay(1986)의 냉동메기, 연어, 게살, 새우살에서의 황색포도상구균의 수보다 낮은 값을 나타냈다. 황색포도상구균에 의한 식중독은 균이 존재하더라도 독소가 생성되지 않으면, 식중독을 유발하지 않는다. Lee(2004) 등은 황색포도상구균의 enterotoxin이 생성되는 균수는 2×10⁷ CFU/g으로 고려하였다. 본 실험에서의 결과는 이들이 제시한 황색포도상구균수의 기준과 비교해 보면 위생상태가 안전한 수준이다.

본 실험에서 사용한 시료는 일정크기로 절단된 fillet 상태로서 동결저장하는 과정에서 근원섬유의 절단으로 인하여 미생물이 증식하기 좋은 환경이 조성되어(藤井建夫, 1984) 일반세균수와 대장균군수가 증가된 것으로 추정된다. Tokiwa와 Matsuyama(1969)는 생선을 -15~-28°C에 저장하였을 때 근원섬유의 절단속도가 가장 빠르다고 보고하였는데 본 실험에서 사용한 동결온도가 바로 이 범위 내에 속하는 것이기 때문에 주의를 요하고 있다.

Table 2은 각각의 온도에서 해동 후, 일반세균, 대장균군 및 대장균 그리고 황색포도상구균의 균수를 나타낸 것이다. 각각의 균의 증식은 4°C에서 가장 낮았으며 15°C, 10°C 순서였다. 본 실험에서 15°C보다 10°C에서 균수가 높게 나온 것은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 시료표면이 0°C를 넘어선 시간이 15°C보다 길었기 때문에 미생물의 생육이 가능한 온도 및 영양조건을 제공하게 되므로 동결 중 손상

된 세균 세포들의 일부가 자연적으로 재생되었을 수 있으며, 또한 중온세균 중에서도 10°C 이하에서 발육되는 대장균군, 장구균 등의 발육에 의한 것으로 사료된다. 즉, 해동되는 동안에 미생물들이 주위 결빙되었던 고농도의 용매가 녹음에 따라 다시 용매효과에 폭로되기 때문에(Bailey, 1981; Jason, 1974) 해동이 빨리 종결될수록 용매에 폭로시간이 짧게 되어 높은 온도이면서도 균수가 낮게 나온 것으로 사료된다. 4°C의 경우, 해동 초기에 온도가 빙점 부근으로 급격히 상승하여 상당한 기간 이 온도를 유지하면서 재결정이 빨리 진행되어 세균 세포에 기계적 손상을 가하였기 때문에 균수가 낮게 나온 것이다. 또한 생육할 수 있는 최저한계온도와 수분의 빙결 여부가 중요한 인자로, 주변의 빙결되지 않은 남은 수분에 기질이 농축되어 삼투압이 높아져 균생육이 어렵기 때문에(하덕모, 2002) 균수가 낮게 나온 것이다.

Obafemi(1983)는 액체 Freon으로 동결시킨 대수기의 *Salmonella typhimurium*들을 4°C에서 80분간 해동한 결과 40°C에서 13분간 해동시켰을 때보다 더 치명적이었다고 보고한 바 있다. 또 Christophersen(1968)도 고속해동보다 저속해동이 동결된 세포에 대해 많은 피해를 주었다고 보고하였으며, 일반적으로 10°C 이하에서 해동할 때 미생물 오염수준이 낮았다고 보고했으며, 이에 따라 France 농림성은 육류의 해동 시, 표면온도가 10시간 이상 10°C를 초과해서는 안 된다고 규정한 바 있다. 그러나 우리나라의 경우 냉동된 수산물 및 냉동식품의 경우 해동방법으로 냉동된 원료의 해동은 위생적으로 실시하여야 하며, 물을 사용할 때에는 음용에 적합한 흐르는 물로서 하여야 한다(식품위생법규 편찬위원회, 2000)고만 규정하고 있다. 냉동식품을 실온 또는 그보다 높은 온도에서 장시간에 걸쳐 해동할 경우 미생물의 생육에 적당한 조건을 제공할 수 있다. 따라서 해동은 고온에서 단시간에, 그리고 장시간 해동이 필요한 경우에는 4°C이하의 온도를 유지하는 것이 필요하다.

위생적으로 냉동저장된 식품을 위생적인 환경에서 해동시키면 미생물의 생육을 억제할 수 있다. 냉동-해동과정을 거친 식품이라고 해서 이런 과정을 거치지 않은 식품보다 더 쉽게 부패되지는 않는다. 그러나 냉동한 시료는 근원섭취의 절단으로 세균이 증식하기에 좋은 환경이 조성되며, 해동온도와 해동속도에 의해 미생물 오염 수준이 변화하므로 적절한 방법으로 해동하는 것이 식중독을 예방하는데

도움이 될 것이라 사료된다.

요 약

본 실험에서는 냉동어육의 해동온도에 따른 미생물학적 위해의 변화를 살펴보기 위하여 냉동 참치 포장육을 구입하여 -20°C에서 보관하면서 4, 10, 15°C에서 중심부와 시료표면의 온도가 동일한 온도가 될 때까지 해동시킨 후, 미생물의 변화를 일반세균수, 대장균군 및 대장균 그리고 황색포도상구균 등의 3가지로 구분하여 각각 측정하였다. 포장육의 일반세균수는 11.68 ± 0.15 CFU/g이었으며, 대장균군(0 CFU/g), 대장균(0 CFU/g), 황색포도상구균(0 CFU/g)은 검출되지 않았다. 냉동 참치 포장육을 서로 다른 온도에서 해동하였을 때 일반세균수는 4, 10, 15°C에서 각각 33.16 ± 0.04 CFU/g, 40.27 ± 0.10 CFU/g, 37.25 ± 0.13 CFU/g이었으며, 대장균군 수는 4, 10, 15에서 각각 6.59 ± 0.12 CFU/g, 11.91 ± 0.04 CFU/g, 8.26 ± 0.17 CFU/g이었고, 대장균과 황색포도상구균은 모든 해동온도에서 검출되지 않았다(0 CFU/g). 해동하는 동안 조직이 연해지고, 온도상승에 따라 미생물과 효소의 작용이 활발해지므로 최적의 해동방법과 해동속도를 찾는 것이 중요하다. 재래식 방법을 이용하여 해동할 경우, 4°C에서 해동하는 것이 바람직할 것이라 사료된다.

참고문헌

- 송재철, 박현정. 2000. 식품물성학. 울산대학교 출판부, 울산, pp367-368
- 식품위생법규 편찬위원회. 2000. 최신 식품위생관계법규. 광문각, 서울, pp222-226
- 식품의약품안전청. 2005a. 식품공전(별책). 식품공업협회 pp78-79
- 식품의약품안전청. 2005b. 식품공전. 식품공업협회 pp 518-519
- 신효신, 신광순, 이용욱, 정영채. 1995. 최신식품위생학. 신광출판사, 서울, pp333-342
- 하덕모. 2002. 최신식품미생물학. 신광출판사, 서울, pp 243-244
- Bailey, C. 1981. Industrial thawing methods. In: Minutes of COST 91, Sub-Group 3, meeting in Gothenburg (April 1981). Danish Meat Products Laboratory. Coenhagen
- Bauman, H.E. 1974. The HACCP concept and microbiological hazard categories. *Food Technol.* **28**: 30-34
- Chang, D.S. and W.K. Choe. 1973. Bacteriological studies on market sea foods. 2. Sanitary indicative bacteria in slices of raw fish. *Bull. Korean Fish. Soc.* **6**: 92-96

- Chang, D.S., W.K. Choe and K.O. Cho. 1975. Bacteriological studies on market sea foods. 3. Sanitary indicative bacteria in frozen sea foods. *Bull. Korean Fish. Soc.* **8**: 157-165
- Christophersen, J. 1968. Low temperature biology of foodstuffs. Pergamon Press, Braunschweig
- Eaasmon, C.S.F. and M. Foodfellow. 1990. Staphylococcus and Micrococcus (In Topley and Wilson's principles of bacteriology, virology and immunity). 8th ed., vol. 2. Edward Arnold, London pp161-186
- Edgar, R. 1981. Microwave tempering in the food processing industry. Digest Sixteenth Annual Symposium on Microwave Power, Toronto pp99-104
- Heinz, G. 1972. Auftauen von gegorenem Fleisch. *Kalteund Klima-Rundschau* **10**: 9-13
- Iyer, T.S.G. and K.P. Shrivastava. 1989. Reliability of *Escherichia coli* and fecal streptococci as indicators of Salmonella in frozen fishery product. *Fish Technol.* **26**: 137-139
- Jason, A.C. 1974. Rapid thawing of foodstuffs. In: *Proceedings of IFST* **7**: 146-151
- Jay, J.M. 1986. Modern food microbiology. 3rd ed. Van Nostrand Reinhold Co., New York pp76-77
- Kim, B.Y. D.D. Hamann, T.C. Lanier and M.C. Wu. 1986. Effects of freeze-thaw abuse on the viscosity and gel-forming properties of surimi from two species. *J. Food Sci.*, **51**: 951-956
- Kim, Y.H. S.Y. Yang and M.H. Lee. 1990. Quality Changes of Thawed Porcine Meat on the Thawing Methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**: 123-128
- Kromhout, D. 1985. The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. *New Engl. J. Med.* **312**: 1205-1209
- Lee, E.H. J.S. Lee, D.S. Joo, S.Y. Cho, H.G. Choi, J.S. Kim, M.G. Cho and D.J. Cho. 1997. Application of Cold-Osmotic Dehydration Method for Extending the Shelf Life during Frozen Storage of Filleted and Salted Fishes. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**: 722-729
- Lee, H.M. G.Y. Lee, E.Y. Yoon, H.J. Kim, Y.S. Kang, D.H. Lee, J.S. Park, S.H. Lee and K.W. Yang. 2004. Computation of Maximum Edible Time using Monitoring Data of Staphylococcus aureus in Kimbap and Food MicroModel. *J. Fd Hyg. Safety* **19**: 49-54
- Mehta, J. 1987. Eicosapentaenoic acid, its relevance in atherosclerosis and coronary heart disease. *Am. J. Cardiol.* **59**: 155-161
- Obafemi, A. 1983. The survival of *Salmonella typhimurium* in processed frozen poultry. Ph.D. Thesis, University of Reading, England
- Peterson, A.C. and R.E. Gunnerson. 1974. Microbiological critical points in frozen foods. *Food Technol.* **28**: 37-44
- Ray, B. 1979. Methods to detect stressed microorganisms. *J. Food Protec.* **42**: 346-351
- Solberg, M., J.J. Buckalew, C.M. Chen, D.W. Schaffner, K. O'Neill, J. Mcdowell, L.S. Post and M. Boderck. 1990. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *J. Food Technol.* **52**: 68-79
- Speck, M.L. and B. Ray. 1977. Effects of freezing and storage on microorganisms frozen fodds: a Review. *J. Food Protec.* **40**: 333-348
- Swift, J. and J.M. Tuomy. 1979. Evaluation of microwave tempering of meat for use in central food preparation facilities. *Microwave Energy Appl. Newsletter* **9**: 3-8
- Tokiw, T. and H. Matsumiya. 1969. Fragmentation of fish myofril. Effect of storage condition and muscle cathepsin. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **35**: 1099-1109
- 勝井建夫. 1984. 食品冷凍における微生物の挙動. *食の科学* **79**: 26-34