

## 식품냉동에서의 동결과 해동

Freezing and Defrosting in the Food Refrigeration

金英浩\*  
Young Ho Kim

### 1. 식품냉동이란

식품에 냉동을 이용하는 목적은 다음과 같이 전혀 상반된 두 가지로 대별된다.

(1) 식품의 고유 성상을 지속적으로 유지하기 위한 저장수단

(2) 식품의 성상을 변화시키기 위한 가공 처리수단

전자인 경우 생식품 또는 가공식품을 그대로 방치하게 되면 물리적, 화학적 또는 생화학적, 미생물적인 변화가 일어나서 품질이 저하하거나 감량으로 인하여 상품적 가치를 상실하게 되는 바, 이러한 상태변화의 진행속도는 식품의 성상에 따라 다르며 일반적으로 생선식품(생어육·식육·계란·채소·과일 우유 등)에서 빠르게 나타나므로 이들 식품은 생산에서 소비에 이르는 유통과정에서 상태변화가 일어나지 않도록 여러가지 저장방법이 실용화되고 있으며 그 중에서 저온저장 방법이 가장 효과적이라고 평가되고 있다.

즉, 생선식품이나 가공식품을 냉각 또는 동결한 다음 그 상태대로 수송·냉장·판매하는 경우 저온에 있어서의 처리 및 취급을 말하며 쿨드체인이라고도 한다.

후자인 경우는 식품을 저온에 두게되면 식품의 실질내에 상온시와는 다른 현상이나 변

화가 일어난다. 이러한 현상과 변화를 이용하여 식품의 처리가공작업을 쉽게 하거나 식품 가치를 향상시킬 수 있도록 변화시키고 당초 식품의 물리적 성상을 변화시켜 또 다른 상품을 생산해 낼수 있는 것으로, 예를 들면 저온에 의한 쇠고기, 치즈 또는 아이스크림, 믹스액을 숙성하거나, 동결농축과즙, 동결건조식품, 스틱(stick)식품의 제조에 있어서의 동결 또는 반동결 식육의 슬라이스(slice) 등이 이에 속하며 가공처리 수단으로서의 냉동 이용을 말한다.

### 2. 식품냉동의 온도

식품 냉동에 이용되는 온도의 범위는  $-35^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 이다.

식품냉동에 이용되는 예냉, 동결, 냉장, 수송 등의 설비는 각 대상품온보다 낮은 온도가 요구되므로 동결설비는 대단히 낮은 온도에서 가동된다.

식품냉동에 있어서 식품의 상태는 냉각(chilled 또는 cooled) 동결(frozen) 등으로 다음과 같이 구분된다.

냉각식품:  $0 \sim 15^{\circ}\text{C}$

반동결식품:  $-2 \sim -3^{\circ}\text{C}$

동결식품:  $-15 \sim -35^{\circ}\text{C}$

동결식품의 품온은 일반적으로  $-2 \sim -18^{\circ}\text{C}$ 이며 식품의 종류에 따라서는  $-30^{\circ}\text{C}$  이하인 것도 있다.

### 3. 식품의 변태

동물성식품 및 식물성식품 그리고 이들의 가공식품 등은 약간의 예외는 있으나 신선한 것일수록 식품적 가치가 높고 상품적 평가도 이에 비례한다. 이들이 신선미를 잃게되면 변질하게 되고 결국 부패하게 그 원인을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 생물체내에 함유되어 있는 효소작용
- (2) 외부에서 부착하는 미생물의 번식
- (3) 공기와의 접촉에 의한 증발작용 및 산화작용

이 중에서 증발작용은 단순한 물리적인 변질을 초래하지만 효소의 작용, 미생물의 번식 및 산화작용은 화학적인 변질의 원인이 되며, 특히 미생물의 번식은 중독성 물질의 생성 또는 부패상태를 유발한다.

이와 같은 식품의 변태를 억제하려면 효소작용, 미생물의 번식, 산화작용, 증발작용 등이 공기의 온습도 및 성분, pH값, 광선 등의 환경조건에 의하여 좌우되므로 온도를 저하시켜서 효소, 산화, 증발작용과 미생물의 번식을 저지해야 한다.

그래서 식품의 저장방법으로 식품의 변질에 최대의 영향을 미치는 미생물을 가열하거나, 화학제를 사용하거나, 방사선 또는 자외선을 이용하여 살균하는 것을 살균제(bactericide)이라고 하며, 이에 반하여 식품의 저온처리에 있어서 온도를 낮추게 되면 미생물은 저온상태에서는 활동이 약해져서 휴면상태로 되었다가 상승하게 되면 또 다시 활동을 재개하게 되므로 이것을 정균제(bacterio static)라고 한다.

### 4. T.T.T. 개념

#### 4-1. Time-Temperature Tolerance

생선식품이나 가공식품이 생산된 시점에서의

품질(초기품질)은 그후 유통과정을 통하여 시간이 경과하면 품질이 저하하게 되므로 유통과정중 어떤 시점(소비시점)에 있어서의 품질(최종품질)은 초기품질에 비하여 틀림없이 나빠진다. 이러한 품질저하가 진행되는 것은 식품의 온도, 공기의 습도 또는 성분, 광선 등의 영향에 의하지만 동결식품인 경우에는 식품의 온도(품온)가 가장 중요하며, 특히 외기와의 접촉이 완전히 차단되어 있는 포장조건 하에서는 품온의 경과에 의하여 최종 품질이 지배된다. 즉, 동결상품이 상품으로써 가장 중요한 것은 최종품질이 소비자에게 불만이 없는 상품가치를 지녀야 하기 때문에 어떤 유통과정에 있어서 동결식품이 상품가치가 있느냐 없느냐 하는 것은 생산에서 소비시점까지의 경과시간 뿐만이 아니고 품온이 밀접한 영향을 미치게 된다.

따라서 어떤 시점에 있어서 동결식품에 상품가치를 갖게 하려면 허용(Tolerance)되는 경과시간(Time)과 그동안 유지되는 품온(Temperature)에 한계가 있다. 이들의 관계를 숫자적으로 정리한 것을 T.T.T 개념(Time-Temperature Tolerance)이라고 하며 동결식품의 유통과정중 수송이나 냉장 등에서 필요한 온도조건을 설정하기 위한 지침을 얻거나, 품질이 우수한 동결식품의 유통시의 조건개선에 필요한 자료를 얻고자 하는 경우에 이용된다.

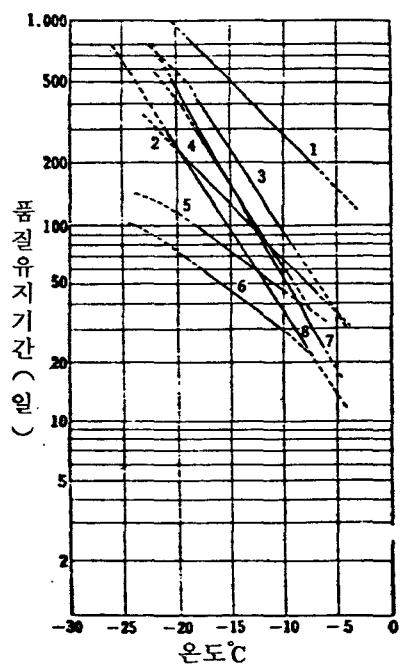
예를 들면 동일한 동결식품을 7개월간 동결냉장하고자 하는 경우, 처음 1개월간은  $-10^{\circ}\text{C}$ , 다음 6개월간은  $-30^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 것과 처음 6개월간은  $-30^{\circ}\text{C}$ , 다음 1개월간은  $-10^{\circ}\text{C}$ 로 바꾸어도 품질의 저하도에는 별차이가 없는지를 확인할 수 있다.

#### 4-2. 품질유지 특성

같은 조건하에서 생산된 동결식품이라도 품온을 변화시켜서 냉장한 때에는 상품가치를 유지하는 기간에 차이가 있게된다. 즉, 그림 1에 나타난 바와 같이 어떤 식품이라도 품온이 낮아질수록 품질을 장기간 유지할 수 있는

바 이와 같은 관계를 품질유지 특성(keeping quality characteristic)이라고 하며 그림 1에서의 품질유지일수는 Taste Panel 법이 라는 관능검사 방법에 의하여 구한다.

즉, 상품가치에 영향을 미치는 색, 육질, 맛 등을 일수의 경과에 따라 각 품온별로 비교하고 그 종합결과를 기초로 하여 상품가치를 상실했다고 판정되는 시점까지 소요된 일수를 품질유지 일수라 한 것이다.



- |                |             |
|----------------|-------------|
| 1. 치킨(포장상태 양호) | 5. 생선(소량지방) |
| 2. 치킨(포장상태 불량) | 6. 생선(다량지방) |
| 3. 쇠고기         | 7. 완두       |
| 4. 돼지고기        | 8. 시금치      |

그림 1. 동결식품의 품온과 품질 유지기간

동결식품의 품질이 조금씩 저하하고 그것이 누적되어 어떤 크기로 되었을 때 비로소 taste panel 법에 의한 관능검사로서 상품가치가 없어진 것을 판정할 수 있다면 품질 저하량은 다음과 같이 양적으로 취급할 수 있다.

즉, 어떤 동결식품의 초기품질은 일정하며 이

때의 품질량을 1.0이라 하고 상품가치가 없어졌을 때 이것이 0이 된다고 가정하면, 품질량이 1.0만큼 감소하는데 소요되는 일수를 품질유지기간이라고 할 수 있다. 따라서 1일당 품질저하량  $d$ 는 초기의 품질량 1.0을 품질유지기간  $t$ (일수)로 나눈 값  $d = 1.0 / t$  가 된다.

그림 1에서 품온이  $-20^{\circ}\text{C}$ 인 경우, 쇠고기는  $t = 600$ 일간, 돼지고기는  $t = 400$  일간 이므로 쇠고기는  $d = 1.0 / 600 = 0.0017$ , 돼지고기는  $d = 1.0 / 400 = 0.0025$ 로서  $d$  값이 커지면 같은 품온이라 하더라도 품질의 저하가 빠른 식품이라는 것을 알 수 있다.

즉, 동일식품에 있어서 품온에 의한  $d$ 의 값을 비교해 보면 그림 1 쇠고기의 품질유지 특성에 의하여 다음과 같이 품온이 높아질수록  $d$ 의 값도 커진다는 것을 알 수 있다.

쇠고기의 품온( $^{\circ}\text{C}$ )	품질유지기간( $t$ )	1일당 품질저하량( $d$ )
$-20$	600 일	$1.0 / 600 = 0.0017$
$-15$	250 일	$1.0 / 250 = 0.004$
$-10$	90 일	$1.0 / 90 = 0.011$

#### 4-3. T. T. T. 계산

동결 쇠고기의 생산에서 소비에 이르는 유통기간이 285일간 이라면 기간중 품온별 경력과 각 품온의 1일당 품질저하량은 다음과 같이 각 온도에 있어서 1일당 품질저하량 및 각 품온에 소요된 일수를 잡아서 T. T. T. 계산선도를 만들 수 있다.

유통구분	품온( $^{\circ}\text{C}$ )	일수( $t$ )	1일당 품질저하량( $d$ )
① 생산지에서의 동결냉장	$-20$	150	0.0017
② 수송기간	$-10$	15	0.011
③ 소비지에서의 동결냉장	$-15$	120	0.004

그림 2에서 285일 경과후의 품질저하량 D

는 다음과 같이 각 유통구간의 품질저하량  $D'$ 의 합계에 의하여 구할 수 있다.

유통구분	$d \times t = D'$
①	$0.0017 \times 150 = 0.255$
②	$0.011 \times 15 = 0.165$
③	$0.004 \times 120 = 0.480$

$$D = 0.255 + 0.165 + 0.480 = 0.9$$

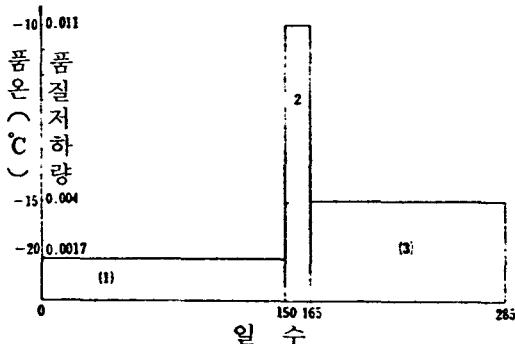


그림 2. T. T. T 계산선도

즉, 상품가치를 잃었을 때의 품질저하량은 1.0이므로  $D$ 의 값을 1.0과 비교하여  $D < 1.0$ 이면 상품가치를 유지하고 있음을 나타내고  $D > 1.0$ 이면 이미 상품가치를 상실하였음을 의미한다. 따라서 위의 계산예에서는  $D = 0.9$ 이므로 아직 상품가치를 유지하고 있음을 알 수 있다.

그러나 T. T. T 계산에 의하여 구한 품질저하량 보다 실제의 품질저하량이 많아지는 경우가 있어서 이 방법도 완벽하다고는 볼 수 없다.

예를 들면 동결식품중에서 아이스크림등 교질상(콜로이드상)으로 유화(乳化)되어 있는 제품은 온도의 변동을 반복하게 되는 경우, 반복회수가 많아지면 품질의 변화는 계산에서 얻어진 량보다 훨씬 커진다.

특히 온도변화가  $-5 \sim -12^{\circ}\text{C}$ 보다 높아지면 미생물의 발육이 억제되지 않아서 품질저하는 예외적으로 대단히 심각해 진다.

#### 4-4. 냉동식품의 T. T. T.

냉각식품의 경우에는 품온 이외에 공기의 습

도 또는 성분이 품질에 많은 영향을 미치게 되므로 동결식품과 같은 품온과 시간만으로 규정하기는 어렵다.

특히 채소 또는 과실에 있어서는 공기의 습도와 성분의 영향이 크기 때문에 저온에서 장기간 보관하게 되면 생리적 기능에 이상현상이 발생하여 저온장해가 일어나므로 상품가치를 잃게 된다. 그러나 생선이나 식육 등의 동물성 식품은 동결식품과 같이 저온 일수록 품질저하량이 적어지므로 T. T. T 개념이 대체적으로 적용되지만 품온이 동결식품에 비하여 높아서 공기의 습도 또는 성분이 영향이 동결식품의 경우보다 크게 작용하므로 이것을 무시할 수가 없다.

## 5. 식품의 예냉과 동결

식품이 냉각식품 또는 동결식품의 상태로 냉장되는 경우에는 우선 예냉 (pre cooling) 또는 동결 (freezing)이 필요하며, 이들의 양부가 품질에 미치는 영향이 크다.

예냉이나 동결이 식품을 냉각하여 열량을 제거하는 즉, 엔탈피를 감소시킨다는 물리적인 현상에서는 같으므로 예냉이나 동결에는 본질적으로 냉각장치가 소요된다.

그러나 식품의 품온이 낮아지면(식품의 성상이나 냉각속도에 따라 다르지만) 여러가지 변화가 일어나며 식품의 형상이나 수량, 작업성에 따라서 냉각상태가 달라지므로 이것들을 고려한 적절한 방법이 강구되어야 한다.

### 5-1. 예 냉

일반적으로 저온수송 또는 냉각저장하기 전에 소정의 품온까지 냉각하는 일을 예비냉각 (예냉)이라 하며, 식품을 동결하는 경우에도 온도체를 동결장치에 즉시 넣지 않고 일단  $0^{\circ}\text{C}$  정도로 품온을 낮출 필요가 있다. 동결전의 냉각은 냉각상태에서 장기간 보존할 목적이 아니므로 냉각후에는 가능하면 빨리 동결시켜야 한다. 예냉시에는 냉각에 의하여 생기는 견조 감량을 적게하고 냉각 종온(終溫)을 필요한 품온(빙결점)까지 신속하게 낮추어야

한다.

### 5-2. 동 결

식품을 동결저장하는 경우에는 먼저 실용적인 방법에 의하여 동결시켜야 하며 동결종온 및 동결속도는 품질에 많은 영향을 미친다. 따라서 가능하면 단 시간에 안전한 품온까지 동결시킬 필요가 있으며 동결시간을 단축시키는 급속동결 뿐만이 아니라 심온동결(동결심부 온도  $-18^{\circ}\text{C}$ )이 품질향상에 가장 중요한 요건이다.

### 5-3. 냉동방법

예냉이나 동결용으로 이용되고 있는 냉각방법에 있어서의 냉각효과는 저온의 물체와의 접촉에 의한 것(현열적)과 증발이나 융해에 의한 것(潛熱적)으로 대별된다. 일반적으로 전자인 경우가 많이 채용되고 있으며 이 경우에도 차거운 공기속에서의 증발 또는 냉수속에서 녹는 얼음처럼潛熱적인 효과가 부가되는 일이 있다. 예냉이나 동결장치의 선정에 있어서는 품질상의 문제도 있지만 에너지절약 문제가 가장 중요하기 때문에 완전자동화 및 유지관리가 용이한 시설인 것이 요구된다. 일반적으로 이용되고 있는 냉각장치를 소개하면 다음과 같다.

용 도	장 치
어 류 동 결	송풍식 (air blast freezer)
지 육 동 결	터널형 송풍식 (tunnel air blast)
포장동결식품	접촉식 (contact freezer)
브 로 일 러	냉수식 (spin chiller)
과실, 야채류	냉수식 (hydro cooler)
엽 체 류	진공식 (vacuum cooler)
조 리 식 품	액체질소 프리저

## 6. 동결속도

식품은 표면에서 냉각매체와의 열전달에 의하여 냉각된다. 식품표면이 열을 빼앗겨서 온도가 내려가게 되면 식품내부와 표면사이에 온도차가 생겨 열은 내부에서 표면으로 이동한

다. 전도에 의하여 표면에 달한 열은 표면에서의 열전달에 의하여 냉각매체의 빼앗기면서 냉각이 진행된다.

이때 물은 공기에 비하여 열전달율이 크기 때문에 식품을 얼음물속에서 냉각하면  $0^{\circ}\text{C}$ 의 공기속에서 냉각하는 것보다 빠리 냉각된다.

그러나 물에 의한 냉각은 식품에 따라서는 성분이 유출되거나 수분을 흡수하여 품질을 저하시키는 경우 등이 있으며 냉각수가 더러우면 미생물에 의한 오염이 심화되므로 냉각매체의 선정에 신중을 요한다.

한편 식품의 내부에서 표면으로 이동되는 열은 온도구배에 따라 달라지며 식품이 냉각되는 경우, 식품내에서의 온도분포는 균일하지 않기 때문에 온도구배는 표면근처에서는 크지만 중심부 부근에서는 적고 냉각속도는 냉각매체의 온도, 열전도율 및 식품의 두께 또는 크기(반경)에 의하여 달라지며 식품의 동결속도는 다음과 같이 요약할 수가 있다.

(1) 식품을 어떤 중심온도까지 동결하는 경우에 발생하는 빙결정상태는 품질에 영향을 미치므로 동결속도는 가능한한 빨라야 한다.

(2) 식품의 품질에 대한 영향은 빙결정상태뿐만 아니라 온도도 중요하므로 높은 초온에서 낮은 품온으로 강하하는 동안의 소요시간이 짧아야 한다.

식품의 냉각온도와 속도에 있어서  $0\sim-5^{\circ}\text{C}$ 의 온도를  $25\sim35$  분만에 달성하게 되면 육류에서는 육질에 미치는 영향이 적다고 하여 이것을 급속동결(Quick freezing)이라고 한다. 이것은 소위 최대빙결정생성대( $-1\sim-5^{\circ}\text{C}$ )를 중요시하고 여기를 통과하는 소요 시간을 기본으로 고려한 것이며 실제 급속동결장치를 이용하더라도  $25\sim35$  분만에  $-5^{\circ}\text{C}$ 가 되는 부분은 표면에서  $0.75\sim1.5\text{ cm}$ 정도로서 식품 양면에서  $1.5\sim3.0\text{ cm}$ 정도의 두께이다. 그러나 실제 동결식품의 두께는  $3\text{ cm}$  이상이므로 급속동결되는 일이 별로 없다는 결과가 된다.

최근 Plank 는 식품내의 빙결전선(ice front)이 1시간당 얼어가는 거리에 의하여 동

결속도를  $\text{cm}/\text{h}$ 로 표시하고 빙결전선 온도를  $-5^\circ\text{C}$ 로 정하였다.

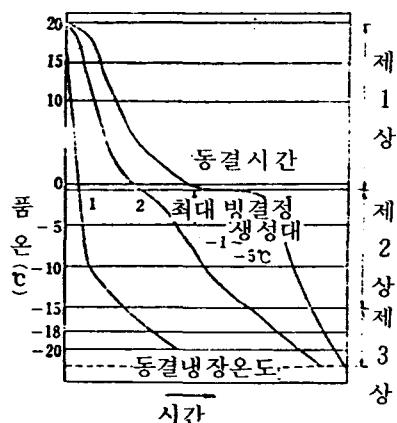
이에 준하여 국제냉동협회(I.I.R)에서는 다음과 같은 동결속도를 채용하게 되었다.

(1) 식품내부에서 빙결전선이 나아가는 속도의 평균치

(2) 식품의 중심부의 온도가  $0^\circ\text{C}$ 에서  $-15^\circ\text{C}$ 까지 강하하는데 소요되는 시간

실용적인 빙결속도는  $0.1 \sim 5 \text{ cm}/\text{h}$ 이고  $0.5 \text{ cm}/\text{h}$  이상이면 소비자용 포장 동결식품의 품질로서 만족될 수 있다. 한편 식품중심부의 온도  $-1 \sim -5^\circ\text{C}$ (최대 빙결정생성대)의 통과시간이 아니고  $0^\circ\text{C}$ 에서  $-15^\circ\text{C}$ 를 취하고 있는 것은  $-18^\circ\text{C}$ 를 평균온으로 하는 심온동결(deep frozen)을 중요시하고 있기 때문이다.

식품을 동결하는 경우 식품의 온도가 시간에 따라서 강하하는 상태는 그림 3에 나타난 바와 같다.



곡선 1 = 표면에서  $0 \text{ cm}$

곡선 2 = 표면에서  $1.75 \text{ cm}$

곡선 3 = 표면에서  $3.5 \text{ cm}$

곡선 3은 온도 중심점에 상당한다.

그림 3. 식품의 동결곡선

종래에는 최대 빙결정생성대( $-1 \sim -5^\circ\text{C}$ )를 빨리 통과시켜야 한다고 생각했으나 최근에는 동결곡선을 3상으로 나누어서 식품의 빙결점( $-1^\circ\text{C}$ )에서  $-15^\circ\text{C}$ 까지를 제2상이라 하고 빙결정의 상태를 좋게 하기 위해서는 제

2상에서의 동결속도를 빠르게 조치하여야 할 것을 권장하고 있다.

제1상은 식품을 동결장치에 넣은 초기단계이며 미생물이나 효소의 작용이 억제되지 않아 소요되는 시간에 비례하여 품질의 변화가 커지므로 제1상에서의 소요시간이 단축되도록 충분한 동결전의 예냉을 필요로 한다.

제3상은 식품의 중심온이 제2상에서  $-10 \sim -15^\circ\text{C}$ 가 된것을  $-20 \sim -25^\circ\text{C}$ 의 동결냉장온도까지 강하시키는 범위를 말한다.

식품을 동결장치에서 꺼냈을 때에는 식품내의 온도는 균일하지 않고 중심부에서 최고이고 표면에서 최저이다가 동결냉장실에서 평균품온으로 된다. 동결종온으로는 중심온도를  $-15^\circ\text{C}$ 이하로 하고 평균품온으로 안정되었을 때 동결냉장실의 온도  $-18^\circ\text{C}$ 와 일치하거나 그보다 낮게 유지되어야 한다. 동결속도가 품질에 미치는 영향은 동결냉장기간이 길어짐에 따라서 명확해지고 품질이 변화하는 차가 현저하게 나타난다.

이러한 동결속도가 식품의 품질에 미치는 영향은 조직의 검사, Taste panel 검사, 드립(drip)의 발생율, 조리가공시험 등에 의하여 조사될 수 있다.

#### 용어해설

\* Drip 이란 냉동식품이 해동하면서 내부의 빙결정이 녹아서 물로 변할 때 본래와 같이 육질에 흡수되지 않고 흘러나가는 물을 말하며 동결에 의하여 식품의 내부에 발생한 물리적인 변화에 따라서 양이 달라지므로 드립의 발생율은 식품의 품질을 사정하는 척도가 된다. 또한 드립속에는 수용성의 성분이 포함되어 있으므로 해동시 또는 해동후에 식품 밖으로 나오게 되면 단백질, 엑기스분, 염류, 비타민류 등의 수용성 성분을 잃게 되므로 식품의 맛, 영양분 등이 적어질 뿐만 아니라 식품의 중량도 감량된다.

\* 공칭동결속도란 주어진 크기인 식품의 온도 중심점과 통하는 절단면의 두께의  $1/2$ (원형식품에서는 반경)을 공칭동결시간으로 나눈

값이며 두께의  $1/2$ 을  $L$ 이라 하면 다음과 같아 나타낸다.

$$V = L/t \text{ [cm/h]}$$

여기서  $L = \frac{1}{2}$ 두께 [cm]  $t =$  공정동결시간 [h]

\* 공정동결시간이란 주어진 크기와 형상인 식품의 초온이  $0^{\circ}\text{C}$ 일 때 이것을 동결하여 온도 중심점을  $-15^{\circ}\text{C}$ 까지 냉각시키는 데 소요되는 시간을 말하며 동결장치의 능력을 나타내기 위하여 사용할 때에는 그 동결시간과 관련되는 물체의 형상, 크기, 성분, 포장 등의 상세한 내용을 표시하여야 한다.

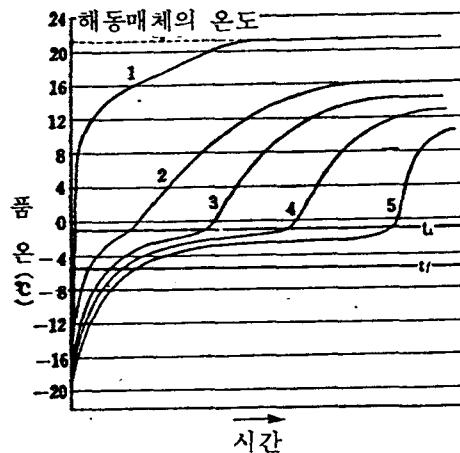
## 7. 해동

### 7-1. 해동의 매체

일반적으로 동결식품을 가공하거나 사용하기 위하여 녹이는 과정을 해동(defrosting)이라고 한다. 그러나 소형의 스테이크, 햄버거, 스틱 등의 동결식품은 해동하지 않고 동결상태 대로 직접가열 조리하는 경우가 많으며 이때에는 해동과 가열조리가 동시에 일어난다. 아무튼 해동은 열의 수수면에서 볼 때 동결의 정반대 현상으로 식품내에 존재하는 빙결정을 녹여서 물로 만들기 위하여 열을 가하게 되는데 이때 녹인물을 원상태대로 육질에 결합시키게 되면 드립의 발생이 적어지고 육질의 상태도 좋아진다.

열을 가하기 위해서는 동결식품의 품온보다 높은 온도의 공기 또는 유체 등과 같은 해동매체를 이용하거나, 고주파 가열이나 마이크로웨이브에 의한 유전가열(dielectric heating) 해동 등과 같이 해동매체를 사용하지 않고 가열하는 방법 등이 있다.

해동 중에 있어서 식품내 품온의 상승은 그림 4 해동곡선에 나타난 바와 같이 동결곡선의 대칭형으로 되어 최대 빙결정 생성대부근의 온도 범위에서는 곡선의 기울기가 완만하게 나타나며 심부에 갈수록 심화된다. 이것은 가해진 열의 대부분이 얼음을 녹이는 잠열로



1. 표면에서 0 cm
2. 표면에서 0.75 cm
3. 표면에서 1.50 cm
4. 표면에서 2.25 cm
5. 표면에서 3.75 cm

그림 4. 해동곡선

변하기 때문에 품온의 상승이 늦어지고 있음을 나타내며, 이 온도의 범위를 유효해동 온도대(effective defrost temperature zone)라고 한다.

해동곡선에 있어서 식품의 심부온도(온도중심점)가  $t_i$ (식품의 빙결점)로 되었을 때 빙결을 0인 완전해동의 상태가 된다.

그러나 해동종온을 심부온도  $t_i$ 로 택하게 되면 식품의 표면에 가까워 질수록 해동시간이 빨라지므로 심부와의 해동온도 차가 너무 심하여 심부가 해동될 때까지 표면부분이 장시간동안 고온조건에 노출되어 품질의 변질이 심화되고 다음과 같은 물리적, 화학적, 미생물학적인 변화가 일어난다.

- ① 빙결점으로 손상된 육질은 품온이 높아지면 미생물이나 효소작용을 받는다.
- ② 공기에 의하여 산화된다.
- ③ 수분이 증발하기 쉽다.
- ④ 드립이 발생하기 쉽다.

### 7-2. 해동상태

해동시의 품온을 얼마로 할 것인가는 용도

에 따라서 달라지며 해동후 보존할 필요가 있을 때에는 반해동의 상태(해동곡선의  $t_1$ 와  $t_2$ 의 사이)로 두면 보존기간 중 해동이 진행된다. 쇠고기 지육은 완전해동을 필요로 하는 경우가 많으며 이때에는 해동매체의 증발, 산화, 효소, 미생물 등의 영향이 적어지도록 낮은 온도에서 시행하여야 한다.

### 7-3. 해동시간

해동에 소요되는 시간은 단위 시간내에 해동매체에서 동결식품의 표면에 이동되는 열량 및 표면에서 동결식품의 내부에 전달되는 열량의 크기에 의하여 지배된다. 열전도율은 얼음이 2.0, 물인 경우 0.5이므로 해동이 진행됨에 따라서 빙결율이 적어지므로 해동에 있어서는 식품 내부에서의 열전도율이 적어져서 동결할 때보다 시간이 더 걸린다.

해동시간을 단축시키기 위한 효과적인 내용을 요약하면 다음과 같다.

① 열전달율이 크게 되도록 해동매체를 사용한다.

② 식품을 둥치지 말고 훌으러서 해동한다.

③ 식품의 두께를 가능한한 얇게 한다.

한편 생선의 중심온도는  $-20^{\circ}\text{C}$ 를  $0^{\circ}\text{C}$ 까지 높이는데 소요되는 해동시간을 해동매체별로 비교해 보면 다음표와 같다.

〈표 1〉 동결어의 해동소요시간 비교

(단위=시간)

해동 매체별	두께별 해동소요시간							
	3cm	4.5cm	5cm	6cm	7.5cm	8.5cm	11cm	13.5cm
쇠빙중 유수중 (7-8 °C)		3.						
유수중 (15- 16°C)	0.5	1.5	3	3.5	4	6		
공기중 (2°C)			36	40	44	52		
공기중 (15- 16°C)	2	3	6	8	10	12	19	28

### 7-4. 해동방법

해동방법을 해동시간으로 구분하면 급속해동과 완만해동으로 나누는데 이것도 해동속도에 의하여 명확하게 정의된 것은 아니다. 가열이나 유전가열에 의한 해동은 해동하는데 시간이 걸리지 않으므로 이러한 방법을 급속해동이라 하고, 상온이하의 공기 또는 물속에서 해동하게 되면 해동소요시간이 길어지게 되므로 이것을 완만해동이라 부른다.

조리식품, 빵, 케익 등의 동결전에 가열 처리된 식품에는 급속해동이 우수하고 그 이외의 동결식품은 완만해동, 특히 생선이나 식육 등에서는 저온 해동법이 드립의 발생율이 적고 색상도 깨끗해서 좋은 성적을 올리고 있다. 즉, 두께가 얕고 균일한 식품의 품질은 해동속도에 의하여 영향받지 않으며, 지육이나 덩치가 큰 생선은 두께가 두꺼워서 해동속도가 불균일해지기 때문에 저온에서 완만해동하는 것이 유리하다.

신선한 생선이나 식육의 동결제품은 해동할 때 특히 많은 드립율(약 30%)을 나타내는 경우가 있는데 이것을 해동경직(thaw rigor)이라고 한다. 그것은 해동에 의하여 온도가 높아질 때 사후 경직이 발생하여 근육이 수축하고 드립이 발생되기 때문이다. 이와 같은 고기는 수축형이라 하는데 사후 경직에 비하여 해동경직에서는 수축이 급격하게 일어나서 해동매체의 온도가 높을수록 수축이 심하고 드립의 발생이 많아진다. 이것을 방지하려면 저온에서의 완만한 해동방법에 의하여 반해동의 상태를 계속시킬 수 있는 방법이 권장된다.

해동경직을 일으킬 만큼 신선한 상태에서 동결시킨 생선도  $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ 에서 몇일 동안 빙결율을 감소시킨 다음  $10^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도에서 해동하게 되면 해동 경직이 없고 드립의 발생율이 적어 진다는 사실이 밝혀졌다.

해동방법의 선택에 있어서 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 해동작업의 규모
- ② 설비비
- ③ 가열비

- ④ 보수관리비  
 ⑤ 동력 에너지의 절약방법  
 ⑥ 해동소요시간과 여유치  
 ⑦ 형상이나 크기의 변화에 대한 융통성  
 ⑧ 해동중 유실되는 드립량  
 ⑨ 해동의 균일성  
 ⑩ 해동후의 상품가치 또는 가공원료로서의 가치  
 ⑪ 해동장치가 차지하는 면적

〈표 2〉 냉동식품 해동의 원칙

해동품목	제조방법	먹는방법	해동방법
생식용 어패류, 과실류	생 체	그대로 먹는다.	완만해동
굽거나 찐식품	가 열		
어패류, 육류	생 체	조리후 가열하여 먹는다.	가열해서 먹는다.
야채류	가 열		
햄버거, 피자, 만두	조리가열		급속해동 (조리가열 = 해동)
후라이, 고롯케, 면류, 튀김	반 조 리		

〈표 3〉 해동방법

해동방법	해동대상물
공기중 해동	식육, 어육, 과실류
액체중 해동	어육, 액란
가열해동	조리식품, 야채, 빵, 케익
조리해동	반조리식품, 햄버거
유전가열	많은 조리식품

### 7-5. 해동방법의 선택

#### ① 지육의 해동

해동전용실을 준비하여 공기의 온도 또는 습

도를 바꿔서 순환시킬 수 있는 설비를 필요로 하며 당치가 큰 지육은 저온의 공기 중에서 완만하게 해동하는 것을 원칙으로 하고 윗표와 같이 실시한다.

#### ② 병용 해동방법 (hybrid method)

해동중의 전반과 후반을 별도의 가열방법에 의하여 해동을 실시하는 방법이며, 동일한 가열방법으로 일관하는 경우에 비하여 해동시간을 단축하고 해동비용을 절약할 수 있으며 다음과 같은 방법들이 있다.

개 외부 가열방법 + 유전 가열방법

(내) 외부 가열방법 + 전기 저항방법

(대) 유전 가열방법 + 전기 저항방법

#### ③ 극초단파해동 (micro wave)

해동매체를 이용하지 않는 전자레인지에 의한 전파해동 방법으로서 텔레비전이나 우주통신에 사용하고 있는 것과 같은 극초단파를 발진하여 식품내의 분자를 진동시켜서 발열하는 방법이며 유전가열 (dielectric heating)에 의한 것으로, 동결식품의 발열과 온도상승이 해동매체를 이용하는 경우보다 훨씬 빠르다는 특징이 있고, 이 방법에 의한 해동은 다음과 같은 장점이 있다.

개 해동이 내부에서 진행되므로 단시간 내에 해동상태가 균일해 진다.

(내) 필름포장이나 병속에 넣은 채로 해동이 가능하다.

(대) 색깔이나 맛이 변하지 않으며 이상한 냄새가 적다.

(래) 드립의 발생율이 적다.

이 방법은 냉동 조리식품에 적합하지만 내부가열에 의하여 수증기가 발생하게 되면 바깥쪽 후라이의 가죽이 연화하거나 건조하기 때문에 후라이 요리 또는 도너츠 등에 해동하

해동의 단계	조건			목적
	온도	습도	시간	
1 단계	6 ~ 8 °C	95 %	3 일간	승온(유효해동온도 대의 통과) 내부드럼의 흡수, 표면의 제습숙성
2 단계	0 °C	공기순환	1 일간	
3 단계	4 °C	75 %	4 일간	

는 성적이 좋지 않다.

④ 해동시 주의사항

(내) 해동매체의 온도를 낮게하고 높아도 20℃이하로 한다.

(내) 해동매체의 양을 많게하고 충분하게 유동시킨다.

(내) 공기중에서는 습도를 높게한다. 저습 이면 온도상승이 늦어지고 동시에 건조감량이 많아지기 때문이다.

(내) 외함을 벗기고 내장품만을 해동하고 물이나 공기가 더러워져 있으면 불결해 지기 쉽다.

(내) 가능하면 분할이 가능한 소단위로 나누고, 형태를 되도록 얇게하며, 서로 접촉하지 않도록 넓혀서 해동매체가 접촉되는 표면 적을 크게 한다.

(내) 해동 종온은 해동후의 용도에 따라서 달라지며 반해동이 안전하고 특히 과실에서는 해동종온이 중요하다.

(내) 해동의 진행정도에 관계없이 해동작업을 마치는 즉시 0℃정도의 온도에서 냉장 한다.

### 7-6. 해동장치

① 공기 해동장치

- 정지 공기형(저온 미풍형 포함)
- 유동 공기형 (air blast)
- 가압형

② 물 해동장치

- 물 침적형(유수형, 발포형, 가압형)
- 물 분사형
- 수증기형(상압형, 감압형)

③ 접촉 해동장치

④ 전기 해동장치

- 도전가열(전기저항)형
- 유전가열형(초단파(고주파)형, 마이크로 웨이브형)

⑤ 병용 해동장치

### 8. 해동과 위생관리

냉동원료는 각종 식품으로 재가공하기 위하여 생체 냉동되는 경우가 많으며 생산비 때문에 형체를 크게 분할하므로 해동에 장시간을 요하게 되고, 그 동안의 품질저하, 세균오염, 드립유출 등의 문제가 있는 반면, 이차가공 원료로서 양질의 해동품이 요구되므로 해동 기술상의 문제가 수반된다. 적절한 해동 방법으로는 해동시간이 짧고, 표면과 중심부의 해동 차이가 적으며, 해동후의 품질이 양호한 것 등이 요구되기 때문에 식품의 품종, 형상에 알맞는 해동 방법을 선택하고 해동전의 품질을 충분히 음미하여 해동속도, 해동종온 등에 각별히 주의하여야 한다.

또한 식품의 동결, 냉동저장에 의하여 부착된 세균의 일부는 사멸하지만 대부분은 생존하고 있기 때문에 해동시 세균수가 증가한다는 문제가 있어서 해동시 다음과 같은 위생관리에 대한 주의가 요망된다.

- (1) 냉동원료의 위생적인 품질을 확인한다.
- (2) 해동매체, 장치, 기구, 종업원의 손바닥 등에서의 이차오염을 방지한다.
- (3) 해동온도, 시간 등을 조절하여 해동중의 세균증식을 억제한다.
- (4) 해동종온을 낮게하고 해동후에는 저온에서 보존한다.