

## 해동속도에 따른 동결우육의 해동 후 이화학적 특성에 관한 연구

김천제\* · 이찬호 · 이의수 · 마기준 · 송민석 · 조진국\* · 강종욱\*\*

\*건국대학교 동물자원연구센터, 건국대학교 축산가공학과

\*\*단국대학교 동물자원학과

### Studies on Physico-Chemical Characteristics of Frozen Beef at as Influenced by Thawing Rates

\*Cheon-Jei Kim, Chan-Ho Lee, Eui-Soo Lee, Ki-Jun Ma  
Min-Seok Song, \*Jin-Kook Cho and Jong-Ok Kang

\*Animal Resources Research Center, Kon-Kuk University

Dept. of Animal Products Science, Kon-Kuk University

\*\*Dept. of Animal Science, Dankook University

#### Abstract

This study was conducted to investigate the quality change of beef muscle, which was thawed by different thawing rate in order to utilize it as fundamental data for establishing optimal and thawing condition. Chilled beef round which was purchased at a commercial market was used. The samples were frozen for 30min(time required to pass through the maximal ice forming zone,  $-1^{\circ}\text{C}\sim-7^{\circ}\text{C}$ ) and the thawing conditions were 3.9cm/hr, 0.21cm/hr, 0.13cm/hr. Thawing losses of rapidly thawed meat (3.9cm/hr) were significantly ( $p<0.05$ ) lower (6.10%), but cooking and total losses were the highest as 48.17% and 56.44%, respectively ( $p<0.05$ ). Characteristics such as color, flavor, texture and overall quality at different the thawing rates showed similar scores, but slightly increased after storage for 24hr. Juiciness of rapidly thawed meat was significantly ( $p<0.05$ ) higher than that compared to the other thawing rates.

Key words : meat quality, thawing rate, rapidly thawed meat, thawing loss.

## 서론

1990년대 수입개방이 실시된 이후 동결육 형태 수입육의 수입량은 1990년 우육 104,122 M/T, 돈육 2,583 M/T에서 1997년 우육 171,593 M/T, 돈육 72,156 M/T으로 크게 증가하였으며 앞으로도 계속 증가할 추세이다<sup>(1,2)</sup>. 이러한 동결육을 식품에 이용하기 위해서는 해동공정이 필수적이다.

해동은 동결식품 내에 형성된 빙결정을 가열에 의해 다시 수분으로 변환시키는 공정이므로 식품에서는 열전달이 일어난다. 이때 녹은 물

이 동결 전과 같이 식품의 조직내로 다시 흡수되도록 하는 것이 목표이지만, 대부분의 경우는 본래 상태로 흡수되지 않고 분리되는 것이 문제이고 그 결과로 드립(drip)이 발생한다<sup>(3)</sup>. 냉동 방법은 그간 많은 발전을 거듭해 왔으나 그에 비하면 해동 방법의 발전은 미비하였다. 냉동육의 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 저온 해동, 유수해동 및 상온해동 등으로서 대부분이 열전도율이 낮기 때문에 해동시간이 길고, 미생물성장이 빠르면서, 육표면의 산화로 인한 육색의 변화 등이 야기되고 있어 양질의 해동

Corresponding author : Cheon-Jei Kim, Animal Resources Research Center, Kon-Kuk University, 93-1, Mojin-dong, Kwangjin-gu, Seoul, 143-701, Korea.

육을 얻기 힘든 단점을 가지고 있다<sup>(4,5)</sup>. 이런 장시간에 걸친 해동에 따른 문제점을 극복하여 해동시간이 짧고 해동드립(thawing drip)을 최대한 감소시켜 기능이 좋은 양질의 해동육을 얻을 수 있는 해동방법들이 연구되어 왔다. 국내의 경우 동결 및 해동조건이 돈육질에 미치는 영향<sup>(6)</sup>, 해동방법에 따른 돈육의 품질변화<sup>(7)</sup> 등의 몇몇 연구를 제외하고는 국내 실정에 맞는 해동속도에 따른 해동육의 품질 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 해동속도를 다르게 한 쇠고기의 저장중 발생하는 품질의 변화를 조사하여 해동에 의한 식육의 손상을 최소화하고 신선육과 유사한 해동육을 얻기 위한 최적 해동조건에 대한 기초자료를 마련하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 실험에 사용된 우육 시료는 일반 도축장에서 도축된 한우를 경매 후 운송하여 일반 정육점에서 해체한 다음 동결시키지 않은 냉장우육의 우둔(round)부위를 구입하여 이용하였다. 시료는 직육면체의 일정한 모양(7×7×5 cm)으로 정형하여 polyethylene 필름에 넣고 methanol bath(Cryostat, Lauda, RKS-20-D, Germany)에서 침지동결법에 의해 육의 중심온도가 -1~-7℃까지 냉각되는데 걸리는 시간을 30분(급속동결)으로 하여 동결시켰다. 육의 중심온도가 -7℃에 도달하면 이것을 -20±1℃의 냉동실에 옮겨 7일간 저장한 후 20℃(급속해동; 3.9cm/hr), 0℃(중속해동; 0.21cm/hr), -5℃에서 예비 해동후 0℃(완만해동; 0.13cm/hr)의 온도로 각기 조건을 달리하여 methanol bath에서 육의 중심온도가 -1℃가 될 때까지 해동하였다. 이 중 일부는 해동 직후 시료로 사용하고 나머지는 4℃ 냉장고에서 24시간 저장 후에 시료로 사용하였다.

### 해동감량 (Thawing loss) 측정

해동감량은 각각의 해동조건에 따라 해동시 발생하는 육즙의 손실량을 측정하여 산출하였다.

$$\text{해동감량 (\%)} = \frac{\text{동결전 시료의 무게} - \text{해동후 시료의 무게}}{\text{동결전 시료의 무게}} \times 100$$

### 가열감량 (Cooking loss) 측정

시료를 7×7×5 cm의 직육면체 모양(중량 300±5g)으로 정형하여 polyethylene bag에 넣어 85±1℃ 항온수조(Dae Han Co, Model 10-101, Korea)에서 약 45분간 가열한 후 상온에서 20분간 방냉시킨 다음 가열감량을 측정하였다.

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{\text{가열전 시료의 무게} - \text{가열후 시료의 무게}}{\text{가열전 시료의 무게}} \times 100$$

### 총 손실량 (Total loss) 측정

총 손실량은 해동시 발생된 해동드립과 4±1℃에서 냉장저장한 후에 발생한 저장감량(drip loss) 및 85±1℃의 항온수조(Dae Han Co, Model 10-101, Korea)에서 45분간 가열하여 상온에서 20분간 방냉시킨 다음 발생한 가열감량을 합친 양을 원료육에 대한 총손실량으로 산출하였다. 그리고 신선육의 총 손실량은 4±1℃ 냉장고에서 7일간 보관한 후 발생하는 드립과 가열감량을 합하여 산출하였다.

$$\text{총 손실량 (\%)} = \frac{\text{해동감량} + \text{드립감량} + \text{가열감량}}{\text{동결전 시료의 무게}} \times 100$$

### 물성 (Rheology) 측정

물성검사는 원료육과 동결시킨 후 냉동보관한 육을 해동시켜 해동직후와 4±1℃의 냉장실에서 1일 또는 7일간 냉장보관한 후 85±1℃에서 45분간 가열한 후 실온에서 20분간 방치한 다음 Rheometer (Fudoh, Model NRM-2002, Japan)를 이용하여 경도(hardness)를 측정하였다.

### 관능검사 (Panel test)

미리 훈련된 22~29세의 10명의 panel 요원을 구성하여 일본 농무성규격(J.A.S)의 채점규격에 의하여 각 처리구별로 85℃에서 45분간 가열조리후 육색(color), 향미(flavor), 연도(tenderness), 다즙성(juiciness) 및 전체적인 기호성(palatability)에 대하여 각각 5점 만점

으로 평점하고, 그 평균치를 구하여 비교하였다. 평점표에서 5점은 가장 우수하고, 1점은 가장 열악한 품질의 상태를 나타낸다.

통계 처리

본 실험의 결과는 SAS(Statistics Analytical System, USA, 1985) 프로그램을 사용하여 Duncan의 다중검정으로 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

해동속도에 따른 우육의 해동곡선(thawing curve)

해동은 동결식품내에 형성된 빙결정을 가열에 의해 다시 물로 환원시키는 공정이므로 냉동과 마찬가지로 열전달이 일어나지만 해동과정은 냉동과정의 역과정이다. 일반적으로 공기나 물을 해동매체로 사용하는 해동은 시간이 오래 걸리지만 이들에 비하면 전기해동(고주파 가열)의 경우는 해동이 훨씬 빨리 이루어진다. 그래서 전자를 완만해동이라 하고, 후자를 급속해동이라 하지만 해동속도의 정의나 급속과 완만을 구별하는 속도는 규정되어 있지 않다<sup>(8)</sup>.

Fig. 1은 해동속도에 따른 우육의 해동곡선(thawing curve)을 나타낸 것이다. 해동속도는 (육의 중심까지의 거리)/(육의 중심온도가 -1℃까지 도달하는데 걸리는 시간)으로 계산하였는데, 20℃의 methanol bath에서 해동시킨 해동육의 평균 해동속도는 3.9cm/hr(급속해동), 0℃의 methanol bath에서 해동시킨 것은 0.21cm/hr(중속해동), -5℃에서 예비해동후 0℃의 methanol bath에서 해동시킨 것은 0.13cm/hr(완만해동)의 해동속도로 해동된 것으로 나타났다. 해동곡선의 모양을 보면 -5℃~-1℃ 보다 낮은 온도에서는 급격한 경사를 이루는데 이부분에서는 수분의 대부분이 빙결정 상태이므로 열전도도가 빨라 온도상승이 빠르게 일어나기 때문인 것으로 사료된다. -5℃~-1℃는 동결곡선의 최대빙결정형생대의 온도에 해당하며, 이곳에서 열량의 대부분이 빙결정을 녹이는 용해잠열로 사용되기 때문에 온도상승이 늦어지게 된다. 그러므로 -5℃에서 -1℃까지의 온도범위를 최대해동온도대

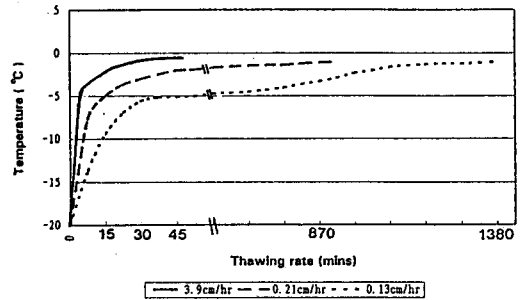


Fig. 1. Thawing curve of beef muscle on the thawing time. \*Thawing time means time required until the meat core temperature is -1℃.

또는 유효해동온도대(effective thawing temperature zone) 등으로 불리고 있다<sup>(8)</sup>. 이 최대해동온도대의 상한온도인 -1℃에 도달했을 때 완전히 해동되었다고 볼 수 있다.

해동속도가 우육의 해동감량(thawing loss)에 미치는 영향

Fig. 2는 해동속도에 따른 우육의 해동감량 및 24시간후의 저장감량을 나타낸 것이다. 해동속도가 빠를수록 해동감량이 적게 나타났으며, 급속해동(3.9cm/hr)육과 완만해동(0.13cm/hr)육이 각각 2.88%와 6.10%로 해동속도가 빠른 육이 유의성있게 적게 나타났고(P < 0.05), 24시간후의 저장감량 또한 해동속도가 빠를수록 적게 나타났다. Hamm 등<sup>(9)</sup>은 완만동결은 완만해동으로 급속동결은 급속해동

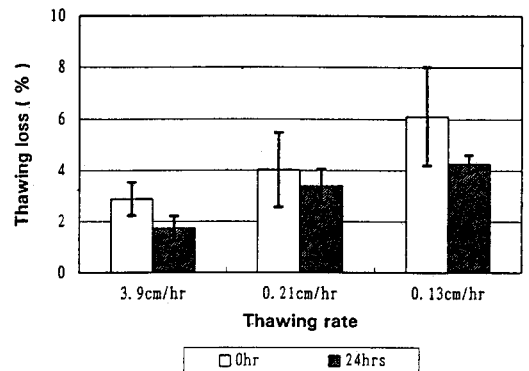


Fig. 2. Changes of thawing loss in beef muscle on the thawing rate.

을 해야 드립(drip)감량이 감소된다고 하였고, 김<sup>(10)</sup>은 세포내에 작은 빙결정이 형성된 급속 동결육을 급속해동하면 빙결정의 재성장 이 이루어지지 않고 단시간내에 용해되어 세포내에 쉽게 흡수되어 적은 양의 드립(drip)이 발생한다고 하였으며, 이<sup>(6)</sup>는 해동온도가 높을수록 드립(drip) 발생량이 감소한다고 하여 본 실험의 결과는 이들 결과와 일치하였다. 또한 -5℃ ~ -40℃에서 동결시켰던 돈육의 3가지 해동조건에서 24시간후의 드립감량을 조사한 결과 해동속도가 높을수록 즉 급속하게 해동시킬수록 드립감량이 적어진다고 하였다. 한편 齋藤<sup>(11)</sup>은 동결돈육의 해동조건이 드립 발생량에 미치는 영향에 관한 보고에서 급속해동보다는 완만해동이, 또 완만해동 중에서도 해동온도가 낮을수록 드립 발생량이 적어진다고 보고하였으며, 이러한 현상은 지육의 경우 완만동결한 상태로 완만해동시 장기간에 걸쳐 육의 각 부위가 균일하게 해동되므로 근육섬유가 복원되어 수분이 흡수되기 쉬운 상태에서 해동이 진행되기 때문이라고 하였으며, 박 등<sup>(12)</sup>은 -30℃에서 15시간 동결하고 2~3mm glazing을 실시한 후 목면 및 마대로 포장하여 -20℃이 냉동실에서 12개월간 저장한 pork loin부위의 부분육을 polyethylene film으로 포장하여 4℃의 정지공기 중에서 육의 중심온도가 -1℃에 도달할 때까지 약 38시간 해동시킨 결과 해동감량을 0.63% 줄일 수 있다고 보고하여 본 실험과 상반되는 결과를 나타냈다. 이러한 상반되는 결과는 동결전의 원료육의 상태, 동결 후 저장환경, 동결 및 해동조건의 차이 등에 기인하는 것으로 사료된다. 따라서 본 실험결과

해동감량 및 저장감량으로 인해 유출되는 각종 영양성분 및 중량의 손실을 최소화하기 위해서는 급속해동이 바람직한 것으로 사료된다.

해동속도에 따른 우육의 해동후 가열감량(cooking loss) 및 총손실량(total loss)의 변화

Table 1은 해동속도에 따른 가열감량 및 총손실량의 변화를 나타낸 것이다. 해동속도가 느려짐에 따라 가열감량의 차이는 각각 급속해동(3.9cm/hr)육이 40.1%, 중속해동(0.21cm/hr)육이 37.22%, 완만해동(0.13cm/hr)육이 48.17%로 나타났다. 김 등<sup>(7)</sup>은 해동속도가 증가할수록 가열감량이 증가하는 경향을 나타낸다고 보고하였고 열풍해동을 하면 열풍온도 및 해동육 표면온도가 높아질수록 조리손실이 증가하였다고 하여 본 실험과는 상반된 결과를 보고하였다. 완만해동이 가장 큰 가열감량을 보인 것은 해동시 다른 해동속도보다 근원섬유조직에 더 많은 손상을 주어 근원섬유단백질의 수분보유능력이 떨어져 보수력이 저하되었기 때문으로 사료된다. 가열감량, 해동감량, 저장감량의 합으로 표현되는 총손실량은 완만해동육이 56.44%로 가장 많은 손실량이 발생하였으며 급속해동육이 45.01%로 가장 낮은 손실량을 나타냈다.

해동속도에 따른 우육의 물성(rheology) 변화

Fig. 3은 해동속도에 따른 우육의 물성(rheology) 변화를 나타낸 것이다. 해동속도가 감소함에 따라 경도(hardness)가 증가하는 경향을 나타내어 완만해동(0.13cm/hr)육의 경

**Table 1. Cooking losses and total losses of beef muscle on the thawing rate**

Treatment	Cooking loss (%)		Total loss <sup>1)</sup> (%)	
	0 hr	2 hrs	0 hr	24 hrs
Thawing rate <sup>2)</sup>				
3.90cm/hr	40.1 ± 0.01 <sup>b</sup>	38.0 ± 0.02 <sup>NS</sup>	45.0 ± 0.67 <sup>b</sup>	42.6 ± 0.68 <sup>NS</sup>
0.21cm/hr	37.2 ± 0.04 <sup>b</sup>	38.6 ± 0.01 <sup>NS</sup>	46.7 ± 1.95 <sup>b</sup>	48.0 ± 1.93 <sup>NS</sup>
0.13cm/hr	48.2 ± 0.05 <sup>a</sup>	40.5 ± 0.01 <sup>NS</sup>	56.4 ± 1.51 <sup>a</sup>	48.8 ± 1.48 <sup>NS</sup>

<sup>1)</sup> Determined with thawing loss plus drip loss plus cooking loss.

<sup>2)</sup> Means thawing rate that is the distance from meat surface to meat core by the required time until the meat core temperature is -1℃.

<sup>a,b</sup> Within the same column, means with different superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>NS</sup> no significance

All data were means of five replicate determinations.

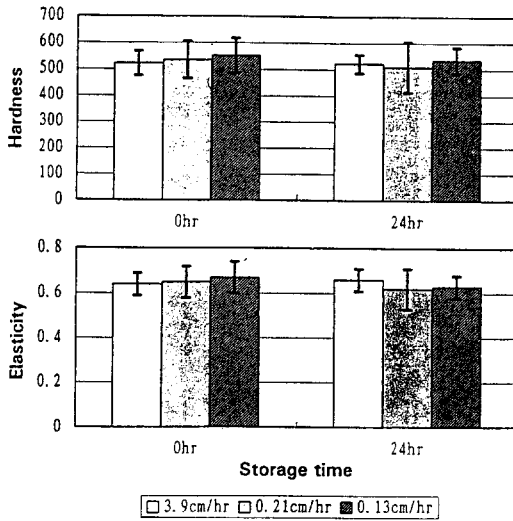


Fig. 3. Changes of hardness and elasticity in thawed meat on the thawing rate.

도가 552.7g/cm<sup>2</sup>로 다른 해동속도에 비해 다소 높게 나타났다. 이는 해동시 해동감량이 많

이 발생하고 가열감량 또한 많이 발생하여 경도가 증가된 것으로 사료된다. 해동후 24시간 저장한 후의 경도는 다소 감소하였으나, 유의차는 인정되지 않았다. Bhattacharya 등<sup>(13)</sup>은 동결저장기간이 경과할수록 드립감량, 가열감량 및 전단력이 증가한다고 하였으며, 박 등<sup>(12)</sup>은 동결에 의하여 단백질의 용해성이 감소되며 경도가 증가한다고 하였다. Hiner 등<sup>(14)</sup>은 동결육의 저장에서 연도의 증가가 나타나는 시기가 상이한 것은 도체의 품종이나, 근육의 종류, 도살처리방법 또는 도살후 경과시간 등에 의하여 영향을 받는다고 하였고, Levie<sup>(15)</sup>는 동결저장중에 발생하는 빙결정은 세포조직의 파열 및 결체조직을 팽창시켜 육의 연도를 향상시키는데 영향을 미친다고 하였다. 따라서 본 실험에서 급속해동한 육이 해동감량, 가열감량 등이 적게 발생하여 다른 처리구에 비해 경도가 낮게 나타나 다소 우수한 연도를 갖는 것으로 사료된다.

Table 2. Changes of sensory characteristics of beef muscle on the thawing rate

Item	Thawing rate <sup>1)</sup>	Storage period (day)	
		0 hr	24 hrs
Color	3.90cm/hr	<sup>2)</sup> 3.6 ± 0.5 <sup>NS</sup>	3.6 ± 0.9 <sup>NS</sup>
	0.21cm/hr	3.1 ± 0.6 <sup>NS</sup>	3.8 ± 0.7 <sup>NS</sup>
	0.13cm/hr	3.6 ± 0.7 <sup>NS</sup>	3.4 ± 0.9 <sup>NS</sup>
Flavor	3.90cm/hr	3.2 ± 0.7 <sup>NS</sup>	3.6 ± 0.5 <sup>NS</sup>
	0.21cm/hr	3.3 ± 0.7 <sup>NS</sup>	3.2 ± 0.8 <sup>NS</sup>
	0.13cm/hr	3.3 ± 0.5 <sup>NS</sup>	3.9 ± 0.6 <sup>NS</sup>
Texture	3.90cm/hr	3.6 ± 0.5 <sup>NS</sup>	3.8 ± 0.5 <sup>NS</sup>
	0.21cm/hr	3.0 ± 1.1 <sup>NS</sup>	3.6 ± 0.7 <sup>NS</sup>
	0.13cm/hr	2.9 ± 0.8 <sup>NS</sup>	3.8 ± 0.4 <sup>NS</sup>
Juiciness	3.90cm/hr	3.7 ± 0.7 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.7 <sup>NS</sup>
	0.21cm/hr	2.9 ± 1.1 <sup>ab</sup>	3.7 ± 0.7 <sup>NS</sup>
	0.13cm/hr	2.7 ± 0.7 <sup>b</sup>	3.4 ± 0.7 <sup>NS</sup>
Overall taste	3.90cm/hr	3.6 ± 0.7 <sup>NS</sup>	4.0 ± 0.0 <sup>NS</sup>
	0.21cm/hr	3.4 ± 0.7 <sup>NS</sup>	4.8 ± 0.4 <sup>NS</sup>
	0.13cm/hr	2.9 ± 0.6 <sup>NS</sup>	3.8 ± 0.7 <sup>NS</sup>

<sup>1)</sup> Means thawing rate that is the distance from meat surface to meat core by the required time until the meat core temperature is -1°C.

<sup>2)</sup> Means mean ± standard deviation.

<sup>a,b</sup> Within the same column, means with different superscript are significantly different (P < 0.05).

<sup>NS</sup> no significance

All data were means of five replicate determinations.

해동속도가 우육의 관능검사(pannel test)에 미치는 영향

Table 2는 해동속도에 따른 우육의 관능적 특성 변화를 나타낸 것이다. 해동속도에 따른 우육의 색은 완만해동(0.13cm/hr)육이 가장 낮은 점수(3.1)를 얻었으나 유의성은 인정되지 않았고, 해동후 24시간 저장후에도 가장 낮은 점수(3.4)를 얻었으나 역시 유의차는 인정되지 않았다. 해동속도에 따른 풍미의 변화는 별 차이가 나타나지 않았으나 24시간 저장후에는 풍미가 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 숙성에 의하여 가열우육의 향기가 향상된다<sup>(16)</sup>는 보고와 유사한 결과를 얻었다. 조직감의 변화는 급속해동(3.9cm/hr)육이 가장 높은 점수(3.6)를 얻어 조직감이 가장 좋았으나 유의차는 인정되지 않았고 해동후 24시간 저장후에는 해동속도간에 별차이가 나타나지 않았으나 해동직후보다 다소 조직감이 상승하는 것으로 나타났다. 이는 동결육을 해동후 냉장하여 두면 가열향미, 조직감 및 기호성을 향상시킬 수 있다<sup>(17)</sup>는 보고와 유사한 것으로 나타났다. 다즙성의 변화는 완만해동(0.13cm/hr)육이 2.7로 가장 낮은 점수를 받았으며, 해동속도가 가장 빠른 급속해동(3.9cm/hr)육이 3.7로 높았으며 유의차가 인정되었다( $p < 0.05$ ). 전체적인 맛의 변화는 급속해동(3.9cm/hr)육이 3.6으로 가장 높은 점수를 얻었으며 중간해동(0.21cm/hr)의 속도로 해동시킨 육이 3.9로 가장 낮게 나타났으나 유의차는 인정되지 않았으며, 해동후 24시간 저장후의 변화는 다소 증가하는 경향을 나타내었으나 해동속도간에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 저장기간동안에 육의 숙성이 이루어져 전반적인 향미, 연도, 맛의 향상이 일어나 전체적인 맛의 향상에 기여하는 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 급속동결시킨 육을 중심온도  $-1^{\circ}\text{C}$ 까지 해동속도를 각각 3.9cm/hr(급속해동), 0.21cm/hr(중속해동), 0.13cm/hr(완만해동)로 다르게 하여 해동시킨 우육의 저장중 발생하는 품질변화를 조사하고자 실시하였다. 해동속도에 따른 해동감량은 각각 급속해동(3.9cm/hr)육이 2.88%로 급속해동육이 다른 처

리구보다 낮게 나타났고( $P < 0.05$ ) 가열감량은 완만해동(0.13cm/hr)육의 가열감량이 48.17%로 유의성 있게 높게 나타났으며, 총손실량 역시 48.81%로 가장 높게 나타났으나 유의차는 인정되지 않았고 가열감량 및 총손실량은 저장후에 감소하는 경향을 나타내었다. 완만해동(0.21cm/hr)육의 경도는  $552.7\text{g}/\text{cm}^2$ 로 다른 처리구보다 높게 나타났으며, 해동후 24시간 저장한 후의 경도는 감소하였으나 유의차는 인정되지 않았다. 해동속도에 따른 우육의 색, 풍미, 조직감은 해동속도에 따라 별 차이가 나타나지 않았으나 24시간 저장후에는 증가하는 경향을 나타내었다. 다즙성은 급속해동(3.9cm/hr)육이 다른 해동속도보다 높았으며 유의차가 인정되었다( $p < 0.05$ ). 전체적인 맛의 변화는 해동속도간에는 큰 차이가 나타나지 않았으나, 해동후 24시간 저장후의 변화는 증가하는 경향을 나타내었다.

## 참고문헌

1. 월간식육계 : 미트저널사. 12, p. 116 (1992).
2. 농림부 홈페이지(<http://www.maf.go.kr>). (1998).
3. 이영춘 : 식품냉동공학. 신광출판사, p. 78, (1985).
4. Heinz, G. : Auftauen von gefrorenem Fleisch. *Kälte und Klima-Rundschau*, 10 (1), 9(1972).
5. Jason, A. C. : Rapid thawing of food-stuffs. *IFST Proceedings*, 7(3), 146(1974).
6. 이원형 : 동결 및 해동조건이 Pork Loin의 육질에 미치는 영향. 건국대학교 석사학위논문(1989).
7. 김영호, 양승용, 이무하 : 해동방법에 따른 해동돈육의 품질변화. 한국식품과학회지. 22(2), 123(1990).
8. 공재열 : 식품냉동공학의 기초. 형설출판사(1985).
9. Hamm, R., Gottesmann, P. und Kijowski, J. : Einfrieren und Auftauen von Fleisch; Einfl sse auf Muskel gewgbe und Tau saft bildung; *Fleisch Wirtsch.*

- 62(8), (1982).
10. 김천제 : 육류등급사교육교재(6); 식육의 냉장과 냉동. 한국중축개량협회(1993).
  11. 齊藤不二男 : 冷凍肉の 解凍について. *New Food Ind.*, 9, 32(1967).
  12. 박석원, 신현길, 강통삼, 서기봉 : 돈육의 동결저장에 관한 연구. 농개공 식연사업보고(1987).
  13. Bhattacharya, M., Hanna, M. A. and Mandigo, R. W. : Effect of frozen storage conditions on yields, shear strength and color of ground beef patties. *J. Food Sci.*, 53, 696(1988).
  14. Hiner, R. L. and Hankins, O. G. : Effects of freezing on tenderness of beef from different muscles and from animal of different ages. *Food Technol.*, 5, 374 (1951).
  15. Levie, A. ; Refrigeration of meat. In "Meat hand book, Fourth Edition". AVI Publishing Co. Inc. Westport., p. 59 (1984).
  16. Smith, G. C., Culp, G. R. and Carpenter, Z. L. : Postmortem aging of beef carcasses. *J. Food Sci.*, 43, 823 (1978).
  17. 정인철, 문윤희 : 수입동결우육 안심의 해동후 냉장중 물리화학적 성질과 기호성의 변화. 한국축산식품학회지. 15(2), 156(1995).

---

(1998년 7월 28일 접수)