

## 동결온도가 해동 쇠고기의 품질에 미치는 영향

남주현 · 송형익 · 김미숙\* · 문윤희\* · 정인철

대구공업대학 식품공업과, \*경성대학교 식품공학과

### Effects of Freezing Temperature on Quality of Thawed Beef

Joo-Hyun Nam, Hyung-Ik Song, Mi-Sook Kim\*, Yoon-Hee Moon\* and In-Chul Jung

Dept. of Food Technology, Taegu Technical College, Taegu 704-350, Korea

\*Dept. of Food Science and Technology, Kyungshung University, Pusan 608-736, Korea

#### Abstract

This study was carried out to investigate the effects of freezing temperature on quality of thawed beef loin. In case of thaw drip loss, the freezing of  $-3^{\circ}\text{C}$  and  $-20^{\circ}\text{C}$  were highest by 3.4% to 30 days and by 1.8% to 60 days, respectively. And the thaw drip loss of  $-3^{\circ}\text{C}$  freezing was more than  $-20^{\circ}\text{C}$  freezing. The cooking loss of water bath and pan boiling were increased significantly during freezing than the beginning of freezing, but were not different  $-3^{\circ}\text{C}$  and  $-20^{\circ}\text{C}$ . The salt soluble protein extractability was decreased during freezing, the  $-20^{\circ}\text{C}$  freezing was higher than  $-3^{\circ}\text{C}$  freezing. The water soluble protein extractability of  $-3^{\circ}\text{C}$  freezing was not significant different during freezing storage, that froze at  $-20^{\circ}\text{C}$  was increased during freezing. The "L" value of the beginning of freezing was higher than during freezing, the "a" value was not different during freezing, and the "b" value during freezing was higher than the beginning of freezing. The myoglobin denatured percentage of the  $-3^{\circ}\text{C}$  and  $-20^{\circ}\text{C}$  freezing were highest by 94.4% to 45 days and by 94.0% to 15 days, respectively. The shear force value during freezing was higher than the beginning of freezing, the myofibrillar fragmentation index was not significant different during freezing. The pH was increased to freezing 30 days, after that was decreased.

Key words : freezing temperature, cooking loss, protein extractability, color, myofibrillar fragmentation.

#### 서 론

쇠고기는 맛의 향상을 위해서 일정기간의 숙성이 필요하고 소비될 때까지의 기간도 다른 축육에 비하여 길다. 쇠고기를 장기간 저장하기 위해서는 동결하게 되는데 동결육은 비동결육보다 기호성이 낮다. 원인으로서는 동결육은 비동결육보다 숙성에 의한 연도의 향상이나 숙성향의 생성이 불충분하기 때문이다. 그리고 동결전의 숙성부족도 한 원인이라고 할 수 있다. 그러나 동결육도 해동후에 숙성시키면 연도와 향미가 향상된다고 알려져 있다<sup>1,2)</sup>.

동결육에 대한 실험은 많은 보고가 있다. Crouse와 Koohmarie<sup>3)</sup>는 동결후 해동하고 숙성시킨 쇠

기가 냉장 숙성쇠고기보다 전단력가가 감소하였고, 가열감량은 냉장 숙성우육이 더 낮다고 하였다. Winger와 Fennema<sup>4)</sup>는  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 28일 저장된 쇠고기의 전단력가가 2.3 kg까지 감소한다고 하였으며, Locker 등<sup>5)</sup>은 숙성전 급속동결이 쇠고기가 질지게 되는 뚜렷한 원인이기 때문에 동결전에 숙성해야 한다고 보고하였다. Mitchell 등<sup>6)</sup>은 동결해동육의 명도값(L)이 동결육보다 낮으나 적색도(a) 및 황색도(b)값은 동결해동육이 더 높으며 신선육의 보수력이 동결해동육보다 높다고 하였다.

일반적으로 신선육도 숙성에 의해서 물리·화학적 성질들이 향상되어 쇠고기의 연도를 향상시키는 것으로 알려져 있다<sup>7-11)</sup>. 이와 같이 동결육이든 신선육이

든 숙성기간을 거치므로써 육의 품질은 향상하게 된다. 본 연구는 동결온도대를 달리하였을 때에 쇠고기의 품질에 미치는 영향을 분석하기 위해 쇠고기를 최대 빙결정생성대인  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 60일 동안 동결시키면서  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 동결한 쇠고기와 비교하여 해동드립, 가열감량, 단백질 추출성, 색도, 전단력, 소편화도 및 pH를 조사한 결과다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

1997년 12월 경남 김해소재 도축장인 (주)태강산업에서 도축한 도체중량 283 kg(우, 약 60개월령)의 홀스타인의 등심부위를 해체하고 폴리에틸렌 필름으로 포장하여  $-3^{\circ}\text{C}$ 와  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 0, 15, 30, 45 및 60일 동안 동결시키고  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 자연해동시킨 다음 시료로 이용하였다.

### 2. 해동드립 및 가열감량 측정

해동드립은 해동 후 우육의 중량에 대한 동결전 우육의 백분율로 나타내었다. 가열감량은 water boiling의 경우 가로×세로×높이를 약  $5\times 5\times 5\text{cm}$ 로 절단하여 polyethylene bag에 넣어  $75^{\circ}\text{C}$  water bath에서 30분 가열하고 약  $20^{\circ}\text{C}$ 에서 10분간 방치시킨 후의 중량을 가열전 중량의 백분율로 나타내었으며, pan boiling은 가로×세로×높이를 약  $4\times 4\times 1\text{cm}$ 로 자른 뒤  $20^{\circ}\text{C}$ 로 가열된 가열판 위에서 앞면을 120초 뒷면을 60초 동안 가열한 후의 중량을 가열전 중량의 백분율로 나타내었다.

### 3. 염용성 및 수용성단백질의 추출성

염용성단백질의 추출성은 Acton과 Saffle<sup>12)</sup>의 방법을 수정하여 측정하였고, 수용성단백질의 추출성은 Hwang 등의 방법<sup>13)</sup>을 이용하여 측정하였으며 추출된 단백질의 농도는 mg/g으로 나타내었다.

### 4. 표면색도 및 myoglobin의 변성율

표면색도는 색차계(CR-200-b, Minolta Camera Co., Japan)로 측정하여 L, a 및 b값으로 나타내었고 myoglobin의 변성율은 Davis와 Franks의 방법<sup>14)</sup>으로 측정하였다.

### 5. 전단력, 근원섬유의 소편화도 및 pH의 측정

우육의 전단력은 rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하였는데, 감압축은

전단응력용으로, table speed 120mm/min, chart speed 80mm/sec, sample height 5mm, load cell 1kg으로 측정하였으며, 근원섬유의 소편화도는 Culler 등의 방법<sup>15)</sup>을 이용하였고, pH는 pH meter(DP-135M, Dongwoo Medical, Korea)를 이용하였다.

## 6. 통계처리

얻어진 모든자료에 대한 통계분석은 SAS program<sup>16)</sup>을 사용하여 Duncan의 다중검증법으로 5% 수준에서 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 해동드립 및 가열감량의 변화

쇠고기등심을  $-3^{\circ}\text{C}$  및  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 60일 동안 동결하면서 해동드립의 양을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다.  $-3^{\circ}\text{C}$ 에서 동결하였던 것은 해동후의 드립량이 동결 30일째에 3.4%로 급격히 증가하다가 그후 감소하였으며,  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 동결한 것은 60일째에 1.8%로 최대치를 나타내었다. 그리고  $-3^{\circ}\text{C}$  동결이 30일과 45일째에  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 동결한 것보다 해동드립감이 현저하게 ( $p<0.05$ ) 높았다.

Table 1은 water bath와 pan에서의 가열감량을 나타낸 것이다. Water bath에서 가열한 경우  $-3^{\circ}\text{C}$  및  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 동결저장이 30일까지 가열감량이 현저하게 증가하다가 45일째에는 감소하였으며 그후 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 두 처리구 모두 저장초기의 가열감량이 가장 낮아서 동결이 가열감량에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 그리고  $-3^{\circ}\text{C}$ 와  $-20^{\circ}\text{C}$  사이에는 가열감량의 차이가 없었다. 해동드립감과 가열감량(water bath 이용)을 합한 전체적인 감량은 동결기간에 따라서 점점 증가하다가  $-3^{\circ}\text{C}$  및  $-20^{\circ}\text{C}$ 가 동결 30일째에 각각 50.7% 및 49.5%로 최대치를 나타내었다.

그리고  $200^{\circ}\text{C}$ 의 가열 pan에서 가열한 경우 동결 15일째에  $-3^{\circ}\text{C}$  및  $-20^{\circ}\text{C}$ 가 각각 35.0% 및 37.1%로 현저히 증가하였다가 30일째에는 감소하고 그후 다시 증가하였다. 그러나 동결온도에 의한 감량의 차이는 나타나지 않았다. 해동드립감과 가열감량(pan 이용)을 합한 전체적인 감량은 동결 15일째에 가장 커서  $-3^{\circ}\text{C}$ 와  $-20^{\circ}\text{C}$ 가 각각 36.5%와 37.8%를 나타내었다.

저장중의 드립발생은 사후 pH의 감소에 의한 보수력의 감소로 발생하고<sup>17)</sup>, 동결에 의한 드립의 발생은

Table 1. Changes in cooking loss(%) of thawed beef during freezing storage

Freezing time(days)	Temperature (°C)	0	15	30	45	60
Water cooking loss(%)	-3°C	32.9±0.2 <sup>c</sup>	48.6±0.3 <sup>a</sup>	47.3±3.0 <sup>a</sup>	41.2±1.6 <sup>b</sup>	46.8±1.1 <sup>a</sup>
	-20°C	32.9±0.2 <sup>c</sup>	46.3±3.0 <sup>a</sup>	48.4±0.3 <sup>a</sup>	43.3±1.7 <sup>b</sup>	46.1±0.8 <sup>ab</sup>
Total loss(%) <sup>1</sup>	-3°C	32.9	50.1	50.7	43.5	49.2
	-20°C	32.9	47.0	49.5	44.0	47.9
Pan cooking loss(%)	-3°C	18.9±7.2 <sup>c</sup>	35.0±1.1 <sup>a</sup>	26.6±5.7 <sup>b</sup>	32.3±1.5 <sup>ab</sup>	31.2±5.0 <sup>ab</sup>
	-20°C	18.9±7.2 <sup>c</sup>	37.1±5.5 <sup>a</sup>	28.8±4.5 <sup>b</sup>	30.7±1.9 <sup>ab</sup>	30.3±2.4 <sup>ab</sup>
Total loss(%) <sup>2</sup>	-3°C	18.9	36.5	30.0	34.6	33.6
	-20°C	18.9	37.8	29.9	31.4	32.1

Mean ± S.D. (n=3), <sup>a-c</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05), <sup>1</sup> Water cooking loss + drip loss, <sup>2</sup> Pan cooking loss + drip loss.

육단백질의 변성으로 보수력이 감소되어 나타나게 된다<sup>18)</sup>. 따라서 본 연구의 결과 동결에 의하여 육단백질이 변성되어 동결초기의 신선육에 비하여 동결중 드립량이 증가하지만 동결기간에 따른 드립량에는 영향을 미치지 않는 것으로 생각되며, 해동드립량의 경우는 -3°C 동결이 -20°C 동결보다 단백질 변성에 더 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다.

## 2. 단백질 추출성의 변화

쇠고기 등심을 60일 동안 동결시키면서 염용성 단백질과 수용성 단백질의 추출성을 조사한 결과를 Table 2에 나타내었다. 염용성 단백질의 추출성은 -3°C 동결저장의 경우 저장초기가 가장 높았으나 동결 중에는 현저하게 감소하였고 동결중에는 현저한 추출성의 변화가 없었다. 그리고 -20°C의 동결저장은 저장초기가 가장 높았으며 저장기간이 경과함에 따라 현저하게 감소하였다. 동결 15일과 30일째에는 -3°C 동결저장이 -20°C보다 현저하게 낮았다. 수용성 단백질의 추출성은 -3°C 동결저장의 경우 저장초기와 동결저장중에 현저한 변화가 없었으나 -20°C는 저장중 점차적으로 추출성이 증가하여 60일째에는 44.4 mg/g으로 증가하였다. 그리고 저장

60일째에는 -20°C 동결저장이 -3°C보다 현저하게 높았다. Prusa와 Bowers<sup>19)</sup>는 염용성단백질 추출성의 변화에 대하여 근육의 pH, 이온강도에 따라 다르다고 하였다. 본 실험결과 동결중 염용성단백질의 추출성이 감소하는 것은 동결에 의해 얼음으로 변하지 않은 부분의 이온강도가 높아짐으로서 단백질이 변성되어 나타난 결과이고, 단백질의 변성정도는 -3°C의 동결저장이 -20°C보다 더 큰 것으로 나타났다.

## 3. 색도 및 myoglobin 변성물의 변화

동결저장중 육색 및 myoglobin의 변성율을 Table 3에 나타내었다. 명도를 나타내는 "L"값은 저장초기보다 동결저장중에 낮게 나타났고, 적색도를 나타내는 "a"값은 저장중 현저한 변화가 없었으며, 황색도를 나타내는 "b"값은 저장초기보다 동결중에 더 높았다. 이토<sup>20)</sup>는 식육의 색깔변화는 pH, 저장온도, 산소분압, 지질의 산화, 미생물 등의 요인이 상호작용하여 나타난다고 하였다.

Myoglobin의 변성율은 식육을 가열한 후에도 myoglobin이 변성되지 않아 피빛과 같은 붉은색을 띄는 정도를 나타내기 때문에 myoglobin의 변성율이 낮으면 색깔에 의한 식감이 떨어진다<sup>14)</sup>. -3°C 동

Table 2. Changes in salt soluble protein and water soluble protein extractability(mg/g) of thawed beef during freezing storage

Freezing time(days)	Temperature (°C)	0	15	30	45	60
Salt soluble protein	-3°C	43.5±2.2 <sup>a</sup>	30.6±3.5 <sup>by</sup>	30.1±2.4 <sup>by</sup>	29.0±1.4 <sup>b</sup>	31.3±4.0 <sup>b</sup>
	-20°C	43.5±2.2 <sup>a</sup>	38.8±4.9 <sup>abx</sup>	35.4±4.6 <sup>bcx</sup>	29.8±1.6 <sup>d</sup>	31.9±0.6 <sup>cd</sup>
Water soluble protein	-3°C	36.5±2.8	41.7±2.6	41.4±1.4	39.5±2.9	37.2±5.1 <sup>y</sup>
	-20°C	36.5±2.8 <sup>b</sup>	40.4±2.4 <sup>ab</sup>	41.3±7.0 <sup>ab</sup>	41.4±2.4 <sup>ab</sup>	44.4±2.2 <sup>ax</sup>

Mean±S.D. (n=3), <sup>a-d</sup> Mans in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05), <sup>x, y</sup> Means in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

**Table 3. Changes in Hunter L, a, b and myoglobin denatured percentage of thawed beef during freezing storage**

Freezing time(days)	Temperature (°C)	0	15	30	45	60
L value(n=5)	-3°C	42.2±1.3 <sup>a</sup>	39.3±1.9 <sup>bc</sup>	38.6±1.1 <sup>bc</sup>	40.4±1.4 <sup>b</sup>	37.7±1.1 <sup>c</sup>
	-20°C	42.2±1.3 <sup>a</sup>	37.9±1.6 <sup>b</sup>	37.7±1.3 <sup>b</sup>	39.3±1.9 <sup>b</sup>	38.5±1.5 <sup>b</sup>
a value(n=5)	-3°C	15.7±1.7	15.7±1.9	15.7±2.4	15.7±1.8	16.3±1.8
	-20°C	15.7±1.7	15.7±2.4	15.4±2.0	17.9±0.9	17.5±3.4
b value(n=5)	-3°C	4.7±1.2 <sup>b</sup>	6.6±0.8 <sup>a</sup>	6.6±1.1 <sup>a</sup>	7.1±1.0 <sup>a</sup>	7.4±0.6 <sup>a</sup>
	-20°C	4.7±1.2 <sup>b</sup>	6.5±1.5 <sup>a</sup>	6.1±1.4 <sup>a</sup>	7.4±1.0 <sup>a</sup>	7.5±1.3 <sup>a</sup>
Myoglobin denatured percentage(n=3)	-3°C	93.7±2.4 <sup>a</sup>	83.0±6.7 <sup>cy</sup>	87.0±2.8 <sup>bcx</sup>	94.4±0.3 <sup>a</sup>	89.7±3.6 <sup>ab</sup>
	-20°C	93.7±2.4 <sup>a</sup>	94.0±3.4 <sup>ax</sup>	73.0±4.5 <sup>by</sup>	90.3±1.2 <sup>a</sup>	88.0±3.7 <sup>a</sup>

Mean ± S. D., <sup>a-c</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05), <sup>x, y</sup> Means in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

**Table 4. Changes in shear force value(kg) and myofibrillar fragmentation index of thawed beef during freezing storage**

Freezing time(days)	Temperature (°C)	0	15	30	45	60
Shear force value(n=5)	-3°C	4.9±1.5 <sup>a</sup>	4.8±1.6 <sup>a</sup>	4.0±1.4 <sup>ab</sup>	3.2±0.8 <sup>b</sup>	3.2±0.8 <sup>b</sup>
	-20°C	4.9±1.5 <sup>a</sup>	4.8±0.9 <sup>a</sup>	4.6±0.8 <sup>a</sup>	3.8±0.2 <sup>ab</sup>	3.6±0.9 <sup>b</sup>
Myofibrillar fragmentation index(n=3)	-3°C	43.9±0.6	45.0±6.1	49.6±10.2	48.2±3.8	49.5±17.9
	-20°C	43.9±0.6	45.2±10.0	48.4±11.1	48.9±6.2	47.2±14.4

Mean ± S. D., <sup>a, b</sup> Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

결저장은 45일째 94.4%로 가장 높았고, -20°C는 15일째에 94.0%로 가장 높았다. 동결저장온도에 의한 차이로서는 15일 동결은 -20°C가 -3°C보다 높았으나 30일째에는 -3°C가 -20°C보다 높게 나타났다. 그러나 다른 동결기간에서는 온도에 의한 차이는 없어서 동결온도가 myoglobin의 변성율에는 영향을 미치지 않는 것으로 추측된다.

#### 4. 전단력, 근원섬유 소편화도 및 pH의 변화

Table 4는 동결저장중 전단력과 근원섬유의 소편화도의 변화를 나타낸 것이다. 전단력은 저장초기에 4.9kg이던 것이 동결중 점차적으로 감소하여 동결 60일에는 -3°C 및 -20°C가 각각 3.2kg 및 3.6kg으로 감소하였다. 그러나 근원섬유의 소편화도는 동결저장중에도 현저한 변화가 나타나지 않았다.

동결저장중 pH의 변화는 Fig. 1과 같다. 동결저장 30일까지 pH는 점차적으로 높아지다가 -3°C 및 -20°C 저장이 각각 6.49 및 6.37을 나타내었으며 그 이후는 낮아졌다. 이와같이 동결저장중에 발생하는 pH의 변화는 저장기간에 따라 단백질과 이온물질과의 반응, 효소작용의 차이에 의한 것으로 보고되었다<sup>21)</sup>.

## 요 약

동결온도가 해동우육의 품질에 미치는 영향을 검토하였다. 해동드립감량은 -3°C 동결이 30일째에 3.4%, -20°C 동결이 60일째에 1.8%로 높았으며, -3°C가 -20°C보다 드립량이 많았다. 가열감량은 water bath와 pan 가열 모두 저장초기보다 동결저장중에 현저하게 높았으나, 동결온도에 의한 차이는 없었다. 염용성 단백질의 추출성은 동결기간이 경과함에 따라 감소하였고, -20°C에서 동결한 것이 -3°C에서 동결한 것보다 추출성이 높았다. 수용성 단백질의 추출성은 -3°C의 경우 동결기간에 따라 현저한 변화가 없었으나, -20°C에서 동결한 것은 동결기간에 따라 증가하는 경향을 보였다. 명도(L)는 동결초기가 높았고, 적색도(a)는 동결기간에 따른 변화가 없었으며, 황색도(b)는 동결초기보다 동결중에 더 높았다. Myoglobin의 변성율은 -3°C의 경우 45일째, -20°C의 경우 15일째 각각 94.4%와 94.0%로 가장 높았다. 전단력은 동결초기보다 저장기간이 경과함에 따라 높아졌으며, 근원섬유의 소편화도는 동결저장중 현저한 변화가 없었다. pH는

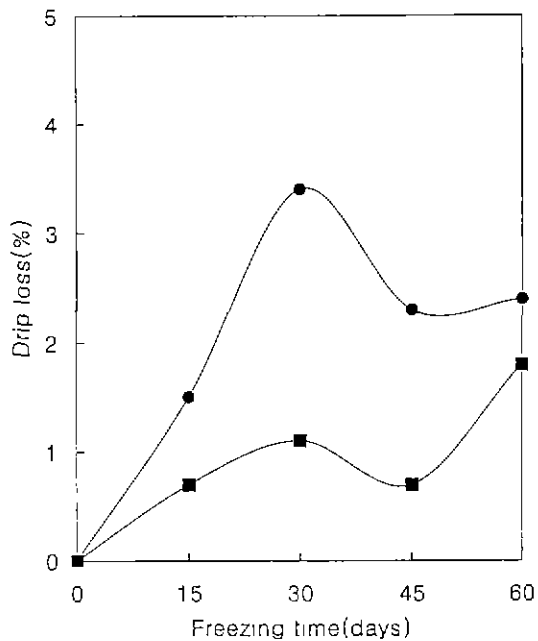


Fig. 1. Changes in thaw drip loss(%) of beef loin during freezing storage. ●: -3°C ■: -20°C

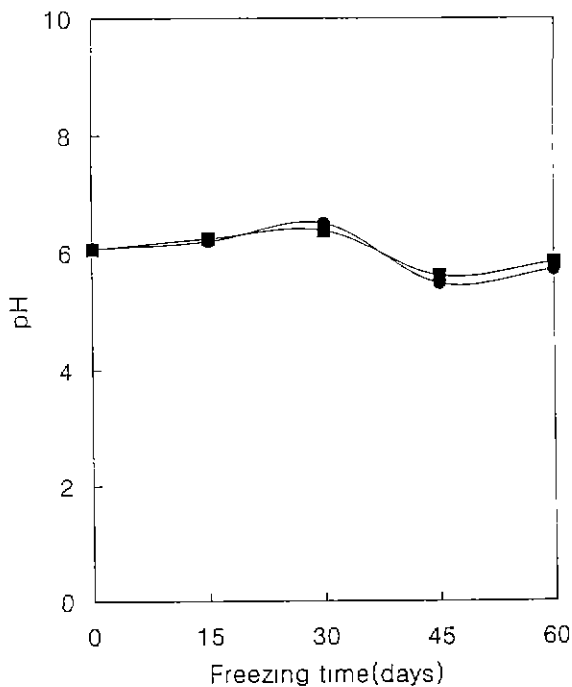


Fig. 2. Changes in pH of beef loin during freezing storage. ●: -3°C ■: -20°C

-3°C와 -20°C 모두 30일째까지 높아지다가 그 이후 낮아지는 경향을 나타내었다.

### 참고문헌

1. 松石昌典, 沖谷明絃 : 輸入牛肉の食味性. *日畜會報*, 64, 171 (1993).
2. 沖谷明絃, 松石昌典, 根岸晴夫, 吉川純夫 : 凍結貯藏牛肉の解凍後貯藏による食味性の向上. *日畜會報*, 61, 990 (1990).
3. Crouse, J.D. and Koohmaraie, M. : Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. *J. Food Sci.*, 55, 573 (1990).
4. Winger, R.J. and Fennema, O. : Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -3°C or 15°C. *J. Food Sci.*, 41, 1433 (1976).
5. Locker, R.H., Davey, C.L., Nottingham, P.M., Haughey, D.P. and Law, N.H. : New concepts in meat processing. *Adv. Food Res.*, 21, 157 (1975).
6. Mitchell, G.E., Giles, J.E., Rogers, S.A., Tan, L. T., Naidoo, R.J. and Ferguson, D.M. : Tenderizing, aging and thawing effects on sensory, chemical, and physical properties of beef steak. *J. Food Sci.*, 56, 1125 (1991).
7. Field, R.A., Nelms, G.E. and Schoonover, C.O. : Effects of age, Marbling and sex on palatability of beef. *J. Anim. Sci.*, 25, 360 (1966).
8. Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A. : Postmortem changes in the actin-myosin interaction of rabbit skeletal muscle. *J. Biochem.*, 89, 321 (1981).
9. Samejima, K. and Wolfe, F.H. : Degradation of myofibrillar protein components during postmortem aging of chicken muscle. *J. Food Sci.*, 41, 250 (1976).
10. Yang, R., Okitani, A. and Fujimaki, M. : Studies on myofibrils from the stored muscle. Part. I. Postmortem changes in adenosine triphosphatase activity of myofibrils from rabbit muscle. *Agric. Biol. Chem.*, 34, 1765 (1970).
11. Jeremiah, J.E. and Martin, A.H. : Histological and shear properties of bovine muscle and their alteration during postmortem aging. *Meat Sci.*, 2, 1 (1978).
12. Acton, J.C. and Saffle, R.E. : Preblended and prerigor meat in sausage emulsion. *Food Technol.*, 23, 367 (1969).
13. Hwang, P.T., Addis, P.B., Rosenau, J.R., Nelson, D.A. and Thompson, D.R. : Use of a rapid muscle protein technique to predict beef muscle yield as a function of time, temperatures, salt and phosphate. *J. Food Sci.*, 42, 590 (1977).
14. Davis, C.E. and Franks, D.L. : Effect of end-point temperature and storage time on color and denaturation of myoglobin in broiler thigh meat. *Poul-*

- try Sci.*, 74, 1699 (1995).
15. Culler, R.D., Parrish, F.C. Jr., Smith, G.C. and Cross, R.D. : Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.*, 43, 1177 (1978).
  16. SAS/STAT User's guide : Release 6.03 edition SAS Institute, Inc., Cary, NC. USA. (1988).
  17. Hamm, R. : Post-mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef, *Food Technol.*, 37, 105 (1982).
  18. Fennema, O. : Water and ice. In "Low temperature preservation of foods and living matter". p. 3. Marcel Dekker, New-York (1973).
  19. Prusa, K.J. and Bowers, J.A. : Protein extraction from frozen, thawed turkey muscle with sodium nitrate, sodium chloride, and selected sodium phosphate salts. *J. Food Sci.*, 49, 709 (1984).
  20. 伊藤良 : 牛肉の色調に影響を及ぼす要因. *食肉の科学*, 33, 173 (1992).
  21. 박구부, 하정기, 박범영, 이상진, 박용운, 박태선, 신태순, 이정일 : 포장방법이 동결계육의 이화학적 특성에 미치는 영향. *가금학회지*, 23(4), 193 (1996).

---

(1996년 8월 26일 접수)