

동결온도가 진공포장 동결육의 품질에 미치는 영향

정인철 · 김도완 · 문귀임* · 강세주** · 김기영*** · 문윤희****

대구공업대학 식품공업과, *대구지방식품의약품청, **축협중앙회 축산물등급판정소,
밀양대학교 식품과학과, *경성대학교 식품공학과

Effects of Freezing Temperature on Quality of Vacuum Packaging Frozen Beef

In-Chul Jung, Do-Wan Kim, Gui-Im Moon*,
Se-Ju Kang**, Kee-Young Kim*** and Yoon-Hee Moon****

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

**Division of Food & Drug Inspection Analysis, F.D.A. Office, Taegu 706-040, Korea*

***National Livestock Co-operatives Federation, Animal Products Grading Service, Kyungnam 645-370, Korea*

****Dept. of Food Science, Milyang National University, Kyungnam, 627-130, Korea*

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

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of freezing temperature on quality of vacuum packaging frozen beef. In case of thaw drip loss, the freezing of -3°C and -20°C were 5.23% and 5.17% to 60 days respectively, were increased significantly during freezing. The cooking loss of water bath and pan were increased significantly during freezing than the beginning of freezing, but were no different between -3°C and -20°C . The salt soluble protein extractability was decreased during freezing, the -20°C freezing was higher than -3°C freezing. The water soluble protein extractability was increased during freezing, the -3°C freezing was higher than -20°C freezing. The L, a and b value of the beginning of freezing higher than during freezing. The myoglobin denatured percentage of the -3°C freezing was higher than -20°C freezing, the 15 days storage of -3°C freezing was highest to 96%. The shear force value was not change during freezing, the myofibrillar fragmentation index during freezing was higher than the beginning of freezing, but was not change during freezing. The pH was decreased to freezing 45 days, after that increased.

Key words : freezing temperature, cooking loss, protein extractability, color, shear force value, myofibrillar fragmentation index.

서 론

식육은 장기저장을 목적으로 동결을 하게 되는데 동결육은 해동 후 이용할 때에 드립이 발생하여 영양가가 손실되고 중량이 감소하며, 특히 우육의 경우는 숙성되지 않은 신선육을 동결시켰을 때에 질기고 기호성이 저하하게 된다. 대부분의 식육은 -18°C 의 온

도에서 동결되고 있지만 유통과정 중에 이 온도가 잘 지켜지지 않고 있다. 또 우육을 동결하지 않고 장기간 저장하기 위한 수단으로 진공포장법이 이용되고 있는데 산소의 차단으로 인한 지방산화 방지, 호기성 미생물의 성장억제로 저장기간을 연장시킬 수 있으며, 동결육에서 나타나는 드립발생을 줄일 수 있다. 그러나 진공포장육은 합기포장한 냉장육보다 기호성이 좋지 못하다고 알려져 있다^{1,2)}.

Corresponding author : In-Chul Jung

우육은 냉장 중에 숙성이 진행되어 전단력가의 감소^{3,4)}, 근원섬유 소편화율의 증가^{5~7)}, 30KD 성분의 출현^{8,9)}, ATPase활성의 변화^{10,11)} 및 근절길이의 이완^{12,13)} 등으로 육질이 연해지고 texture가 향상된다. 그러나 우육을 동결하게 되면 동결되지 않은 부분의 이온강도가 높아져 보수력이 저하되고¹⁴⁾, 냉장상태로 저장하면 Mg-ATPase 활성이 증가하지만 동결저장 중에는 이 현상이 진행되지 않으며¹⁵⁾, 소편화율이 향상되지 않아¹⁰⁾ 품질이 저하하게 된다. 또 진공포장육은 숙성 향의 발현을 억제하고¹⁾, 육색에 나쁜 영향을 미친다¹⁶⁾.

냉장 숙성에 의하여 우육의 이화학적 특성이나 기호성이 향상된다는 연구들은 많이 보고되고 있다. 그러나 위생적으로 안전성을 확보할 수 있는 진공포장육을 동결온도를 달리하면서 해동 후의 품질특성을 연구한 결과들은 거의 찾아 볼 수 없었다. 따라서 본 연구는 우육등심을 진공포장하고 -3°C 와 -20°C 에서 15, 30, 45 및 60일 동안 동결시키면서 품질의 변화를 검토하기 위해서 해동드립, 가열감량, 염용성 및 수용성 단백질의 추출성, 표면 색도, myoglobin의 변성을, 전단력가, 근원섬유의 소편화도 및 pH를 실험하였기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

1997년 12월 경남 김해 소재 도축장인 (주)태강산업에서 도축한 도체중량 283kg(우, 약 60개월령)의 홀스타인의 등심부위를 해체하여 cryo-vac 필름으로 진공포장한 후 -3°C 와 -20°C 에서 0, 15, 30, 45 및 60일 동안 동결시키고 4°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 $5 \times 5 \times 5\text{cm}$ 으로 절단하여 polyethylene 에 넣어 75°C water bath에서 30분 가열하고 약 20°C 에서 10분간 방치시킨 후의 중량을 가열전 중량의 백분율로 나타내었으며, pan boiling은 가로×세로×높이를 약 $4 \times 4 \times 1\text{cm}$ 으로 자른 뒤 20°C 로 가열된 가열판 위에서 앞면을 120초 뒷면을 60초 동안 가열한 후의 중량을 가열전 중량의 백분율로 나타내었다.

3. 염용성 및 수용성 단백질의 추출성

염용성 단백질의 추출성은 Acton과 Saffle¹⁷⁾의 방법을 수정하여 측정하였고, 수용성 단백질의 추출성은 Hwang 등의 방법¹⁸⁾을 이용하여 측정하였으며 추출된 단백질의 농도는 mg/g으로 나타내었다.

4. 표면색도 및 myoglobin의 변성을

표면색도는 색차계(CR-200-b, Minolta Camera Co., Japan)로 측정하여 L, a 및 b값으로 나타내었고 myoglobin의 변성율은 Davis와 Franks의 방법¹⁹⁾으로 측정하였다.

5. 전단력가, 근원섬유의 소편화도 및 pH의 측정

우육의 전단력가는 rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며, 근원섬유의 소편화도는 Culler 등의 방법²⁰⁾을 이용하였고, pH는 pH meter(DP-135M, Dongwoo Medical, Korea)를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 동결저장 중 해동드립 및 가열감량의 변화

우육을 진공포장하고 -3°C 및 -20°C 에서 60일 동안 동결하고 해동하였을 때의 해동드립을 측정하고 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. -3°C 에서 동결한 우육은 저장 중에 현저한 차이가 없었지만 -20°C 에서 동결한 것은 60일째에 5.17%를 나타내어 저장초기의 2.08%보다 현저하게 ($p < 0.05$) 드립이 많아지는 경향이었다. 그리고 -3°C 와 -20°C 동결처리 사이의 드립의 차이는 없었지만 -20°C 에서 동결한 것이 드립이 비교적 적게 발생하였다.

Table 1은 동결육의 가열감량을 나타낸 것인데 water bath에서 가열한 경우 -3°C 의 동결저장은 60일까지 44.12%로 동결초기보다 현저하게 ($p < 0.05$) 증가하였으며, -20°C 의 동결저장도 60일째에 45.91%의 가열감량이 발생하여 동결초기보다 감량이 크게 발생하였다. 그리고 -3°C 와 -20°C 의 동결저장 사이의 가열감량의 차이는 15일까지 -3°C 동결이 -20°C 동결보다 감량이 많았으나 30일 이후부터는 -20°C 동결이 더 많이 발생하였다. 그러나 이들 사이에는 현저한 차이는 없었다. 해동드립감량과 가열감량(water bath 이용)을 합한 전체적인 가열감량은 두 동결구가 동결기간의 경과와 함께 점점 증가하다가 동결 60일째에는 각각 49.35%와 51.08%를 나타내었지만 동결온도에 의해서는 차이가 없었

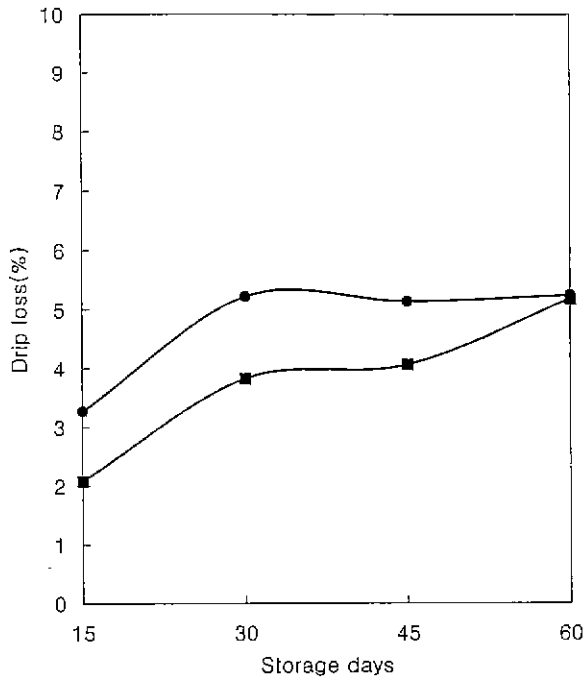


Fig. 1. Changes in thaw drip loss(%) of vacuum package beef during freezing storage.

●: -3°C ■: -20°C

다.

그리고 200°C의 가열 pan에서 가열한 경우의 가열 감량은 동결기간이 경과할수록 점차적으로 증가하다가 60일째는 -3°C와 -20°C 동결저장이 각각 34.

26% 및 34.01%를 나타내어 동결초기의 18.88%보다 현저하게 많이 발생하는 경향이였다. 두 동결구 사이에는 동결 30일까지는 -20°C에서 가열감량이 많이 발생하였지만 동결저장 45일 이후부터는 -3°C 동결이 많이 발생하는 경향이였다. 그러나 이들 두 동결구 사이에는 현저한 차이는 없는 것으로 나타났다. 해동드립감량과 가열감량(200°C 가열팬 이용)을 합한 전체적인 가열감량은 동결기간이 경과함에 따라 점차적으로 증가하다가 -3°C와 -20°C에서 60일간 동결하였을 때에 각각 39.49%와 39.18%를 나타내었다.

저장 중에 드립이 발생하는 것에 대하여 Hamm²¹⁾은 사후 pH의 감소에 의해서 보수력이 감소하여 감량이 발생한다고 하였으며, Fennema²²⁾는 동결에 의한 육단백질의 변성으로 보수력이 감소되고 해동드립 감량, 가열감량 및 총손실량이 증가한다고 하였다. Winger와 Fennema²³⁾는 동결에 의해 해동감량과 총 손실량이 증가한다고 하였으며, Bhattacharya 등²⁴⁾은 동결저장기간이 경과할수록 가열감량이 증가한다고 하여서 본 실험결과와 일치하는 경향이였다.

2. 동결저장 중 단백질 추출성의 변화

우육을 60일 동안 동결저장하면서 염용성 단백질과 수용성 단백질의 추출성을 실험하고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 염용성 단백질 추출성의 경우 -3°C와 -20°C에서 저장하였을 때에 저장기간이 경과하면서 현저하게 (p<0.05) 감소하는 경향이였다.

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

Freezing temp.	Freezing days				
	0	15	30	45	60
Water cooking loss(%)					
-3°C	24.30±1.91 ^d	37.93±1.17 ^c	41.17±2.55 ^b	39.45±0.93 ^{bc}	44.12±1.39 ^a
-20°C	24.30±1.91 ^d	35.47±2.40 ^c	41.83±2.04 ^b	40.03±1.06 ^b	45.91±0.98 ^a
Total loss(%) ^e					
-3°C	24.30	41.20	46.38	44.58	49.35
-20°C	24.30	37.55	45.65	44.09	51.08
Pan cooking loss(%)					
-3°C	18.88±7.23 ^c	26.77±4.09 ^b	26.61±5.66 ^b	32.77±0.29 ^{ab}	34.26±3.70 ^a
-20°C	18.88±7.23 ^b	27.84±4.21 ^a	31.40±0.90 ^a	30.22±1.95 ^a	34.01±3.70 ^a
Total loss(%) ^f					
-3°C	18.88	30.04	31.82	37.90	39.49
-20°C	18.88	29.92	35.22	34.28	39.18

Mean±S.D. (n=3)

^{a-d} Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05)

^e Water cooking loss + drip loss

^f Pan cooking loss + drip loss

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

Freezing temp.	Freezing days				
	0	15	30	45	60
Salt soluble protein					
-3℃	43.5±2.1 ^a	35.8±1.3 ^b	34.2±1.2 ^b	21.5±1.5 ^{cy}	23.5±1.7 ^{cy}
-20℃	43.5±2.1 ^a	36.5±3.8 ^b	36.4±5.4 ^b	32.0±4.6 ^{cx}	37.9±4.8 ^{bx}
Water soluble protein					
-3℃	36.5±2.8 ^c	41.1±1.9 ^{bc}	40.7±3.4 ^{bcy}	43.0±3.7 ^{by}	52.0±4.1 ^{ax}
-20℃	36.5±2.8 ^c	41.9±3.6 ^b	48.8±1.8 ^{ax}	49.5±2.8 ^{ax}	38.0±3.9 ^{bcy}

Mean±S.D. (n=3)

^{a~c} Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05)^{x, y} Means in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05)

동결하게 되면 물분자가 단백질과 분리된 상태로 얼음결정을 형성하므로 얼지 않은 부분의 이온강도가 높아져서 단백질이 변성된다²⁵⁾. Penny²⁶⁾는 동결은 근육내에 얼음결정을 형성시켜 보수성을 감소시킨다고 하였다. 따라서 본 실험에서 동결저장 중에 염용성 단백질의 추출성이 감소한 것은 동결에 의한 단백질 변성이 원인인 것으로 판단되며 변성의 정도는 -3℃ 동결이 -20℃보다 더 큰 것으로 생각된다.

수용성 단백질의 추출성은 -3℃ 동결의 경우 저장기간이 경과하면서 뚜렷하게 (p<0.05) 증가하여 동결저장 60일째에는 52.0mg/g을 나타내었고, -20℃ 동결은 저장기간에 따라 증가하다가 45일째에는 49.5mg/g으로 현저하게 (p<0.05) 높아지는

경향이였다. 그리고 동결저장 30일과 45일에는 -20℃에서 동결한 것이 -3℃에서 동결한 것보다 높게 나타났으나, 60일째에는 -3℃ 저장이 높게 나타났다. 수용성단백질 추출성의 감소는 근형질단백질의 변성에 기인하는데²⁷⁾ 본 실험결과 근형질단백질은 변성되지 않은 것으로 생각된다.

3. 동결저장 중 색도 및 myoglobin 변성율의 변화

Table 3은 우육을 -3℃와 -20℃에서 60일 동안 동결저장하였을 때의 육색 및 myoglobin의 변성율을 나타낸 것이다. L(명도), a(적색도) 및 b(황색도)값이 동결초기가 동결저장 중보다 높게 나타났다. L값은 30일 동안 동결하였을 때에 -3℃가 -20℃

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

Freezing temp.	Freezing days				
	0	15	30	45	60
L value(n=5)					
-3℃	42.2±1.3 ^a	36.3±1.3 ^{bc}	38.6±1.1 ^{bx}	37.6±0.8 ^b	35.3±1.9 ^c
-20℃	42.2±1.3 ^a	36.4±0.6 ^{bc}	36.6±1.0 ^{bcy}	37.8±0.7 ^b	35.8±2.0 ^c
a value(n=5)					
-3℃	15.7±1.7 ^a	13.3±0.9 ^{bx}	12.3±0.4 ^b	13.1±1.3 ^b	13.4±1.6 ^b
-20℃	15.7±1.7 ^a	11.7±0.8 ^{cy}	12.2±1.0 ^c	13.0±1.3 ^{bc}	13.9±0.9 ^b
b value(n=5)					
-3℃	4.7±1.2 ^a	1.2±0.2 ^{bc}	0.6±0.4 ^c	1.9±0.9 ^b	1.2±0.5 ^{bc}
-20℃	4.7±1.2 ^a	0.5±0.2 ^c	0.8±0.4 ^c	1.8±1.0 ^b	1.1±0.3 ^{bc}
Myoglobin denatured percentage(n=3)					
-3℃	93.7±2.4 ^a	96.0±1.2 ^{ax}	80.3±6.6 ^b	94.1±0.4 ^a	91.8±1.3 ^a
-20℃	93.7±2.4 ^a	83.3±2.4 ^{bcy}	76.1±4.8 ^c	88.5±5.3 ^{ab}	91.2±1.4 ^a

Mean±S.D.

^{a~c} Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05)^{x, y} 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 vacuum package beef during freezing storage

Freezing temp.	Freezing days				
	0	15	30	45	60
Shear force value(n=5)					
-3℃	4.9±1.5	4.6±0.7	4.8±1.4	4.9±1.5	4.6±0.4
-20℃	4.9±1.5	4.7±1.3	4.8±0.7	4.7±1.2	4.7±1.5
Myofibrillar fragmentation index(n=3)					
-3℃	43.9±0.6 ^b	54.3±4.7 ^a	52.8±2.4 ^a	54.1±3.7 ^a	51.8±9.4 ^{ab}
-20℃	43.9±0.6 ^b	51.3±4.1 ^{ab}	51.6±1.7 ^{ab}	53.9±4.3 ^a	51.3±6.8 ^{ab}

Mean±S.D.

^{a, b} Means in the same row with different superscripts are significantly different(p<0.05)

동결저장 45일 이후에는 -20℃ 동결이 -3℃보다 추출성이 현저하게 (p<0.05) 높게 나타났다. 식육을 동결보다 높게 나타났으며, a값은 15일 동안 동결하였을 때에 -3℃ 동결이 현저하게 (p<0.05) 높게 나타났다. 그러나 b값은 동결저장 중에 -3℃와 -20℃ 사이에 뚜렷한 차이가 없었다. 식육의 색깔이 저하되는데에는 pH, 저장온도, 산소분압, 지질의 산화, 미생물 등 여러가지 요인이 상호작용하여 나타나게 되는데²⁸⁾, 본 실험의 결과는 진공포장하여 동결하였기 때문에 저장초기 포장하지 않은 상태에서 색도를 측정할 것과는 차이가 있었다.

한편 myoglobin의 변성율은 -3℃ 동결저장의 경우 15일째에 96.0%로 가장 높게 나타났고, 30일째에는 80.3%로 낮게 나타났다. -20℃ 동결저장은 저장초기가 93.7%로 높게 나타났고, 30일째에 76.1%로 낮게 나타났다. Myoglobin의 변성율은 가열 후 변성되지 않은 잔존 분홍색소의 정도를 나타내기 때문에¹⁹⁾ myoglobin의 변성율이 낮으면 덜익은 듯한 느낌을 갖게하여 취식감을 떨어뜨린다. 그러나 본실험의 결과 나타난 수치들은 변성율이 70% 이상이기 때문에 색소와 관련된 결점은 나타나지 않을 것으로 판단된다.

4. 동결저장 중 전단력, 근원섬유 소편화도 및 pH의 변화

동결저장 중 전단력과 근원섬유의 소편화도를 관찰하고 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 전단력은 전체적으로 4.6~4.9 kg으로 현저한 변화가 없었으며, 근원섬유 소편화도는 저장초기보다 동결저장시 증가하는 경향이었으나 동결저장 중에는 변화가 없어서 동결 중에는 근육을 이완시키거나 연하게 하는 물리적인 힘이나 효소작용이 정지되는 것으로 생각된다. 그리고 동결저장 중 pH(Fig. 2)의 변화는

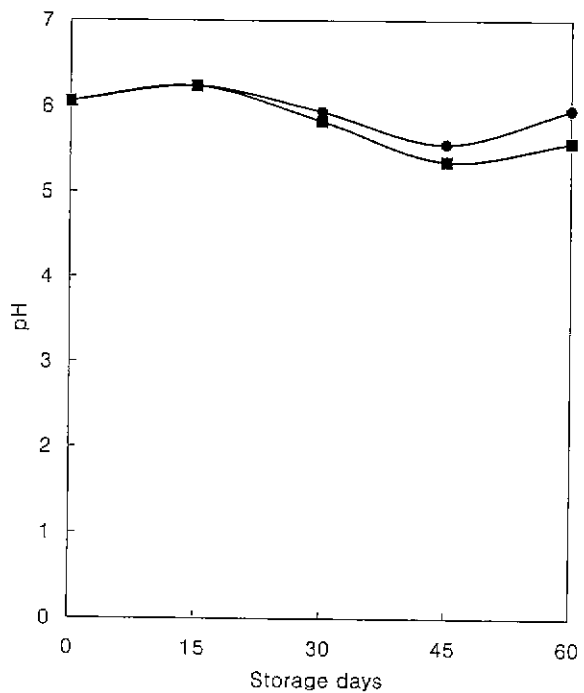


Fig. 2. Changes in pH of vacuum package beef during freezing storage.

●: -3℃ ■: -20℃

-3℃ 동결이 45일까지 pH 5.56으로 현저하게 (p<0.05) 저하하다가 그 이후 다시 증가하였고, -20℃ 동결은 45일까지 pH 5.36으로 감소하다가 45일 이후에는 증가하는 경향이였으며 -3℃ 동결이 -20℃ 동결보다 저장중 pH가 다소 높게 나타났다. 이와 같이 동결 중 pH의 변화는 단백질과 이온물질과의 반응 그리고 효소작용의 차이에 의한 것으로 추측하고 있다²⁹⁾.

요 약

본 연구는 진공포장 동결육의 품질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수행하였다. 해동드럼은 -3°C 와 -20°C 동결이 60일째 각각 5.23% 및 5.17%로 동결기간이 경과함에 따라 현저하게 증가하였다. 가열 감량은 water bath와 pan에서 가열한 것이 모두 동결초기보다 동결기간이 경과함에 따라 현저하게 증가하였다. 그러나 -3°C 와 -20°C 사이에는 현저한 차이가 없었다. 염용성 단백질의 추출성은 동결기간이 지남에 따라 감소하였고, -20°C 동결이 -3°C 보다 추출성이 더 높았다. 수용성 단백질의 추출성은 동결기간이 경과하면서 증가하였고 -3°C 동결이 -20°C 보다 현저하게 높았다. 그리고 L, a 및 b값은 저장초기가 동결저장 중보다 높았다. Myoglobin의 변성은 -3°C 동결이 -20°C 보다 비교적 높게 나타났는데, -3°C 동결의 15일째가 96.0%로 가장 높게 나타났다. 전단력가는 동결저장 중 현저한 변화가 없었고, 근원섬유의 소편화도는 동결초기보다 동결저장이 더 높았지만 동결저장 중에는 변화가 없었다. pH는 -3°C 와 -20°C 동결저장 모두 45일까지 감소하다가 그 이후에는 증가하는 경향이였다.

참고문헌

1. 沖谷明紘, 森壽一郎, 松石昌典: 牛肉の含氣熟成による香りの向上. *日畜會報*, 63, 189 (1992).
2. 문윤희, 정인철, 김미숙: 진공포장, 합기포장 및 동결한소 안심육의 기호성에 관한 연구. *한국축산식품학회지*, 16, 155 (1996).
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. Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A.: Postmortem changes in the actin-myosin interaction of rabbit skeletal muscle. *J. Biochem.*, 89, 321 (1981).
6. Davey, C.C. and Gilbert, K.V.: Studies in meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. *J. Food Sci.*, 34, 69 (1969).
7. Olson, D.G., Parrish, F.C.Jr., Dayton, W.R. and Goll, D.E.: Effect of postmortem storage and calcium activated factor on the myofibrillar proteins of bovine skeletal muscle. *J. Food Sci.*, 42, 117 (1977).
8. Samejima, K. and Wolfe, F.H.: Degradation of myofibrillar protein components during postmortem aging of chicken muscle. *J. Food Sci.*, 41, 250 (1976).
9. 根岸晴夫, 夏野めぐみ, 吉川純夫: 牛肉の熟度指標としての物理化學的性質. *日畜會報*, 62, 1095 (1991)
10. 沖谷明紘, 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).
11. 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).
12. Kruggel, W. and Field, R.A.: Soluble intramuscular collagen characteristics from stretched and aged muscle. *J. Food Sci.*, 36, 1114 (1971).
13. 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).
14. Polymendis, A. and Thessaloniki, G.: Kühlen und gefrieren von fleisch. *Fleischwirtschaft*, 5, 702 (1978).
15. 沖谷明紘: 牛肉の熟成條件とフレーバーの生成. *日食工誌*, 40, 535 (1993).
16. Fu, A.H., Molins, R.A. and Sebranek, J.G.: Storage quality characteristics of beef rib eye steaks packaged in modified atmospheres. *J. Food Sci.*, 57, 283 (1992).
17. Acton, J.C. and Saffle, R.E.: Preblended and prerigor meat in sausage emulsion. *Food Technol.*, 23, 367 (1969).
18. 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).
19. 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. *Poultry Sci.*, 74, 1699 (1995).
20. 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).
21. Hamm, R.: Post-mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technol.*, 37, 105 (1982).
22. Fennema, O.: Water and ice. In "Low temperature preservation of foods and living matter". p. 3. Marcel Dekker, New-York (1973).
23. Winger, R.J. and Fennema, O.: Tenderness and

- water holding properties of beef muscle as influenced by freezing subsequent storage at -3 or 15°C . *J. Food Sci.*, 41, 1443 (1976).
24. Bhattacharya, M., Hanna, M.A. and Mandigo, R. W.: Effect of frozen storage on yields, shear strength and color of ground beef patties. *J. Food Sci.*, 53, 3 (1988).
25. Polymendis, A. and Thessaloniki, G.: K hlen und gefrieren von fleisch. *Fleischwirtschaft*. 5, 702 (1978).
26. Penny, I.F.: The effect of freezing on the amount of drip from meat. In "Meat Freezing Why and How." p. 8. 1. Meat Research, Langford, Bristol. (1974).
27. George, A.R., Bendall, J.R. and Jones, R.C.D.: The tenderising effect of electrical stimulation of beef carcasses. *Meat Sci.*, 4, 51 (1980).
28. 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).
29. 박구부, 하정기, 박범영, 이상진, 박용운, 박태선, 신태순, 이정일: 포장방법이 동결육의 이화학적 특성에 미치는 영향. *가금학회지*, 23(4), 193 (1996).

(1998년 7월 14일 접수)