

동결온도가 해동후 숙성한 우육의 품질에 미치는 영향

정 인 철

대구공업대학 식품공업과

Effect of Freezing Temperature on the Quality of Beef Loin Aged after Thawing

In-Chul Jung

Dept. of Food Technology, Taegu Technical College, Taegu 704-721, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of freezing temperature on the quality of thawing aged beef loin. Drip loss was higher at -3°C freezing than at -20°C freezing, showing 17.21% drip loss after 6 days aging by -3°C freezing, 14.92% drip loss 12 days aging by -20°C freezing. Cooking loss by both water bath and pan boiling were decreased with increased in aging days. The salt soluble protein extractability of the beef loin was increased until 9 days aging by both -3°C and -20°C freezing, after that was decreased. The L-value of the beef loin was high until 9 days aging by -3°C freezing, after that the L-value of that was decreased. And the aging at -20°C freezing was high significantly with increased aging days. The a-value of the beef loin was low significantly in 6 and 9 days aging by -3°C freezing, -20°C freezing was low significantly with increased aging days. The b-value of the beginning of aging was higher with increased aging days. The percentage of denatured myoglobin of the beginning of aging was the highest, then those of -3°C and -20°C freezing showed 89.70% and 88.00%, respectively. The shear force of the beef loin was decreased with aging days, but the myofibrillar fragmentation index increased with aging days. The pH of the beef loin increased until 6 days of aging by both -3°C and -20°C freezing, after that the pH decreased.

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

서 론

식육은 동결에 의하여 장기간의 저장이 가능하다. 그러나 동결할 경우에는 이용할 때 반드시 해동을 하게 된다. 해동은 식육 중의 빙결정을 용해시켜서 동결전의 상태로 환원되도록 하는 것이 바람직하다. 동결육을 해동할 때 드립이 발생하여 중량이 감소하면서 수용성 액즙들이 유출되고 영양가도 손실되는데, 드립은 육의 표면적, 동결방법, 해동방법 등에 영향을 받는다. 그리고 해동에 의하여 식육이 동결전의 상태와 같더라도 드립의 유실로 인한 육질이 손상되어 기호성을 저하시킨다(1).

우육은 강직이 진행 중이거나 숙성완료 전에 동결을 하게되면 질기게 되기 때문에(2,3) 숙성을 시킨 후 동결을 해야한다. Matsuishi와 Okitani(4)는 숙성이 부족한 우육을 동결하였을 때에 해동후 숙성시키면 연도와 향미가 향상된다고 하였고, Okitani 등(5)은 해동숙성우육의 연도와 향미가 동결육보다 우수하다고 보고하였다. 또한 Negishi 등(6)은 동결수입우육이 자국산 우육보다 맛이 없는 것은 동결전의 숙성부족을 하나의 원인으로 지적하였다. 그리고 Locker와 Daines(7)는 동결에 의한 단백질 변성

의 결과로 나타나는 가열감량은 우육의 가열온도와 시간, 보수력의 영향을 받는다고 하였으며, Parrish 등(8)은 숙성이 이러한 상태를 개선시킨다고 보고하였다.

우육은 숙성에 의해서 전단력이 감소하고(9,10), 근원섬유의 소편화율이 증가하며(11,12), 근원섬유 중의 troponin-T의 성분이 소실되면서 30,000 dalton 성분이 새로이 출현하게 된다(13,14). 그리고 ATPase 활성의 변화(15)와 근절길이의 이완(16)이 수반된다고 알려져 있다.

본 연구는 동결온도를 달리하여 우육을 -3°C와 -20°C에서 60일 동안 동결시킨 후 해동하고 숙성시켰을 때에 숙성에 미치는 동결온도의 영향을 규명하기 위해서 실시하였다.

재료 및 방법

재료

경남 김해 소재 도축장인 (주)태강산업에서 도축한 흄스테인(도체중량 283kg, ♀, 60개월령)의 등심부위를 해체하여 400g씩 식품포장용 랩 필름(선상지밀도폴리에틸

렌, (주)크린랩)으로 포장한 후 -3°C 와 -20°C 에서 60일 동안 동결시키고 4°C 에서 자연해동시킨 후 숙성시키면서 시료로 이용하였다.

해동드립 및 가열감량 측정

해동드립은 동결전 우육 중량에 대한 해동후 드립량의 백분율로 나타내었다. 가열감량은 water boiling의 경우 가로×세로×높이를 약 $5\times5\times5\text{cm}$ 로 절단하여 polyethylene bag에 넣어 75°C water bath에서 30분간 가열하고 약 20°C 에서 10분간 방치시킨 후의 중량을 가열전 중량의 백분율로 나타내었으며, pan boiling은 가로×세로×높이를 약 $4\times4\times1\text{cm}$ 로 자른 뒤 200°C 로 가열된 가열판 위에서 앞면을 120초 뒷면을 60초 동안 가열한 후의 중량을 가열전 중량의 백분율로 나타내었다.

염용성 및 수용성 단백질의 추출성

염용성 단백질의 추출성은 Acton과 Saffle의 방법(17)을 수정하여 측정하였고, 수용성 단백질의 추출성은 Sung의 방법(18)을 이용하여 측정하였으며, 추출된 단백질의 농도는 mg/g으로 나타내었다.

표면색도 및 myoglobin의 변성을

표면색도는 색차계(CR-200b, Minolta Camera Co., Japan)로 측정하여 L, a 및 b값으로 나타내었으며, myoglobin의 변성을은 Davis와 Franks의 방법(19)으로 측정하였다.

전단력가, 균원섬유의 소편화도 및 pH의 측정

우육의 전단력가는 rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였는데, 측정조건은 table speed 120mm/min, chart speed 80mm/sec, sample height 5mm, load cell 1kg이었다. 균원섬유의 소편화도는 Culler 등의 방법(20)을 이용하였고, pH는 pH meter(DP-135M, Dongwoo Medical, Korea)를 이용하였다.

통계처리

얻어진 모든 자료에 대한 통계분석은 SAS program (21)을 사용하여 Duncan의 다중검정법으로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

숙성중 드립 및 가열감량의 변화

우육을 -3°C 및 -20°C 에서 60일 동안 동결하고 해동하여 숙성시켰을 때의 드립량의 변화를 관찰한 결과는 Fig.

1과 같다. -3°C 에서 동결한 우육은 해동후 6일까지 드립량이 현저하게 증가하여 17.12%를 나타내었으나 그 이후는 현저한 변화가 없었다. -20°C 에서 동결한 우육은 숙성과 함께 증가하다가 12일째에 드립량이 14.92%를 나타내었다. -3°C 와 -20°C 동결처리를 비교해 보면 숙성 6일과 9일째 -3°C 에서 동결하였던 것의 드립량이 현저하게 많이 발생하였으나, 그 이외의 숙성기간에는 차이가 없었다.

Table 1은 해동 숙성우육의 가열감량을 나타낸 것인데 -3°C 에서 동결하였던 것은 water bath에서 가열한 경우 숙성초기 46.77%로 현저하게 높았으나 그 이후 감량이 낮아져 숙성말기까지는 현저한 변화가 없었다. -20°C 에서 동결하였던 것도 숙성초기가 46.07%로 높았으나 숙성 12일째에는 33.69%로 감소하는 경향이 있다. 그리고 -3°C 와 -20°C 동결처리 사이에는 가열감량이 거의 비슷하였으나 숙성 12일째 -20°C 동결이 -3°C 보다 현저하게 낮았다. 숙성 드립감량과 water bath를 이용한 가열감량을 합친 전체적인 감량은 대체로 -3°C 에서 동결하였던 것이 높았다. 그리고 6일째의 전체적인 감량이 비교적 높았다.

200°C 의 가열팬에서 가열한 우육의 가열감량은 -3°C 에서 동결하였던 우육의 경우 숙성초기는 31.16%로 높았으나 숙성 3일부터 12일까지는 현저한 변화가 없었다. 그리고 -20°C 에서 동결한 우육은 숙성초기 30.28%로 가장 높았고 숙성기간이 경과하면서 점진적으로 감소하여 숙성 12일째에는 12.15%로 현저하게 낮아졌다. 숙성 드립감량과 pan 가열감량을 합친 전체적인 감량은 -20°C 에서 동결하였던 것이 비교적 낮았다.

Savage 등(22)과 Hamm(23)은 드립량이나 가열감량

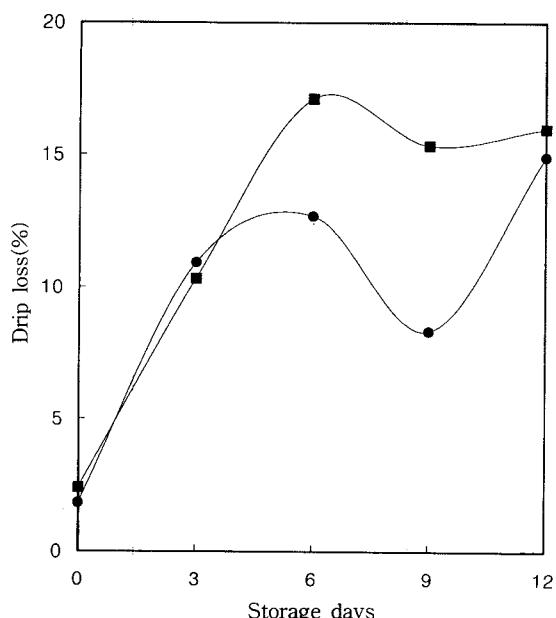


Fig. 1. Changes in drip loss of thawed aging beef.
-3°C: ■ -20°C: ●

Table 1. Changes in cooking loss(%) of thawed aging beef

	Aging days after thaw				
	0	3	6	9	12
Water cooking loss					
-3°C	46.77 ^a	40.14 ^b	40.94 ^b	39.33 ^b	40.08 ^{bxy}
-20°C	46.07 ^a	38.57 ^c	39.57 ^c	41.28 ^b	33.69 ^{dxy}
Total loss ¹⁾					
-3°C	49.15	50.48	58.06	54.67	56.07
-20°C	47.88	49.51	52.26	49.61	48.61
Pan cooking loss					
-3°C	31.16 ^a	19.32 ^b	19.51 ^b	19.48 ^b	22.96 ^{bxy}
-20°C	30.28 ^a	22.47 ^b	21.90 ^b	23.02 ^b	12.15 ^{cxy}
Total loss ²⁾					
-3°C	33.54	29.66	36.63	35.82	38.95
-20°C	32.09	33.41	33.59	31.35	27.07

Mean(n=3)

^{a~d}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).

¹⁾Drip loss+water cooking loss

²⁾Drip loss+pan cooking loss

이 사후 pH의 저하와 함께 조금씩 증가한다고 하였으며, Winger와 Fennema(10)는 동결에 의한 육단백질의 변성으로 보수력이 감소되고 해동 드립감량, 가열감량 및 총손실량이 증가한다고 하였다.

숙성중 단백질 추출성의 변화

동결온도를 -3°C와 -20°C로 달리하여 60일 동안 동결시키고 해동한 우육을 숙성시키면서 염용성 단백질 및 수용성 단백질의 추출성을 실험하고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 염용성 단백질 추출성의 경우 -3°C 및 -20°C에서 동결하였던 우육은 숙성초기 각각 31.33mg/g 및 31.93mg/g이던 것이 숙성기간이 경과하면서 점차적으로 증가하여 숙성 12일째에는 각각 66.40mg/g 및 85.53mg/g으로 증가하였다. 식육을 동결하면 얼지 않은 부분의 이온강도

Table 2. Changes in protein extractability(mg/g) of thawed aging beef

	Aging days after thaw				
	0	3	6	9	12
Salt soluble protein					
-3°C	31.33 ^d	41.30 ^f	38.10 ^{cd}	54.27 ^{bxy}	66.40 ^{ay}
-20°C	31.93 ^b	36.17 ^b	33.93 ^b	38.93 ^{bxy}	85.53 ^{ax}
Water soluble protein					
-3°C	37.20 ^{cy}	55.03 ^{ax}	54.77 ^a	59.13 ^a	44.07 ^{bxy}
-20°C	44.37 ^{dx}	49.13 ^{cxy}	53.73 ^{ab}	57.73 ^a	49.90 ^{bxy}

Mean(n=3)

^{a~d}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).

의 변화로 단백질이 변성하게 되고(1), 근육내에 형성된 얼음결정이 근육조직을 손상시켜 보수성이 감소되는데 (24), 본 실험의 결과 해동후 숙성에 의해 단백질의 추출성이 증가하는 것으로 미루어 보아 동결에 의한 단백질 변성이나 낮아진 보수성도 숙성기간을 거치므로서 회복된다고 생각된다.

수용성 단백질의 추출성은 -3°C 및 -20°C에서 동결하였던 우육이 해동후 숙성 9일까지 각각 59.13mg/g 및 57.73mg/g으로 현저하게 증가하였으나 12일째에는 각각 44.07mg/g 및 49.90mg/g으로 감소하였다. 수용성 단백질의 추출성이 감소하는 이유는 균형질 단백질의 변성 때문인데(18) 본 실험은 동결에 의해 변성된 균형질 단백질이 해동후 숙성에 의해 9일까지는 회복된다는 것을 보여주고 있다.

숙성중 색도 및 myoglobin 변성율의 변화

Table 3은 우육을 -3°C 및 -20°C에서 동결하였다가 해동한 후 숙성하였을 때 육색 및 myoglobin의 변성율을 나타낸 것이다. L값(명도)은 -3°C 동결육이 숙성 9일까지 현저하게 높아지다가 9일 이후는 낮아졌으며, -20°C 동결육은 숙성기간이 경과함에 따라 현저하게 높아졌다. a값(적색도)의 경우 -3°C 동결육이 숙성 6일과 9일에 현저하게 낮아졌고, -20°C 동결육은 숙성기간 동안 현저하게 낮아졌다. 그리고 b값(황색도)은 숙성초기보다 숙성기간이 경과하면서 대체로 낮아지는 경향이었다.

Myoglobin의 변성율은 -3°C 및 -20°C 동결육이 해동직후 각각 89.70% 및 88.00%로 현저하게 높았으나 숙성기간이 경과하면서 감소하는 경향이었다. 그러나 -20°C 동결육은 숙성 12일째에 다시 증가하여 85.60%를 나타내

Table 3. Changes in color difference and percentage de-natured myoglobin(PDM) of thawed aging beef

	Aging days after thaw				
	0	3	6	9	12
L-value(n=5)					
-3°C	37.70 ^d	39.12 ^{cd}	42.62 ^{ab}	44.44 ^{ax}	40.96 ^{bxy}
-20°C	38.50 ^c	39.86 ^{bc}	40.58 ^{bc}	42.00 ^{aby}	43.70 ^{ax}
a-value(n=5)					
-3°C	16.34 ^a	15.20 ^{ax}	5.68 ^{cxy}	5.00 ^c	12.06 ^{bxy}
-20°C	17.46 ^a	13.16 ^{bxy}	11.74 ^{bxy}	6.90 ^c	4.24 ^{dy}
b-value(n=5)					
-3°C	7.44 ^a	7.12 ^{ab}	6.02 ^{bc}	7.46 ^{ax}	5.48 ^c
-20°C	7.54 ^a	6.30 ^{bc}	6.82 ^{ab}	5.60 ^{cxy}	6.30 ^b
PDM(n=3, %)					
-3°C	89.70 ^a	87.90 ^a	72.03 ^b	71.87 ^b	75.37 ^{bxy}
-20°C	88.00 ^a	85.73 ^a	77.23 ^b	77.50 ^b	85.60 ^{ax}

Mean

^{a~d}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 and myofibrillar fragmentation index of thawed aging beef

	Aging days after thaw				
	0	3	6	9	12
Shear force value(n=5, kg)					
-3°C	3.89 ^a	2.94 ^b	2.29 ^{bc}	2.17 ^{bc}	1.44 ^c
-20°C	3.00 ^a	2.44 ^{ab}	2.08 ^{ab}	1.55 ^b	1.35 ^b
Myofibrillar fragmentation index(n=3)					
-3°C	47.83 ^c	54.27 ^{bc}	59.00 ^{ab}	60.77 ^{ab}	65.33 ^a
-20°C	47.53 ^c	53.50 ^{bc}	56.01 ^b	59.53 ^b	68.87 ^a
Mean					

^{a~c}Means in the same row with different superscripts are significantly different($p<0.05$).

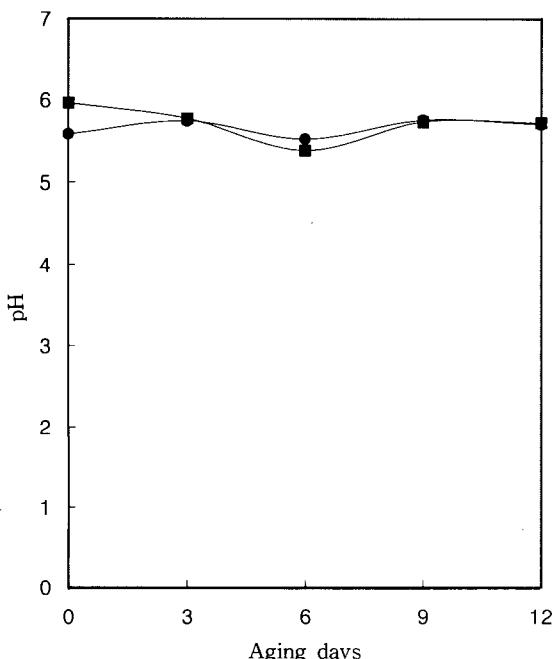


Fig. 2. Changes in pH of thawed aging beef.
-3°C: ■ -20°C: ●

었다. Myoglobin의 변성율은 가열 후 변성되지 않은 색소의 양을 나타내기 때문에(19) myoglobin의 변성율이 낮으면 가열이 불충분히 된 것 같은 느낌을 준다. 본 실험에서 myoglobin의 변성율은 오히려 숙성에 의해 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

숙성 중 전단력과, 근원섬유 소편화도 및 pH의 변화

-3°C와 -20°C에서 동결한 우육을 해동하고 숙성하면서 전단력과 및 근원섬유의 소편화도를 관찰하고 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 전단력과는 해동 직후 -3°C 및 -20°C 동결육이 각각 3.89kg 및 3.00kg이던 것이 숙성기간이 경과하면서 현저하게 감소하여 숙성 12일째에는 각각 1.44kg 및 1.35kg을 나타내었다. 그리고 근원섬유의 소편화도는 -3°C 및 -20°C 동결육이 해동 직후 각각 47.83

및 47.53이던 것이 숙성 12일째에는 각각 65.33 및 68.87로 현저하게 증가하였다. 동결상태에서는 근육을 이완시키거나 연하게 하는 효소작용이 정지되는 것으로 알려져 있으나(1), 동결된 우육을 해동 후 숙성시키면 이를 작용들이 활성화되는 것으로 생각된다.

그리고 해동 숙성 중 pH의 변화(Fig. 2)는 -3°C 동결육이 숙성 6일까지 pH 6.76으로 현저하게 높아지다가 12일째에는 pH 5.69로 낮아졌다. -20°C 동결육은 숙성 6일까지 pH 6.77로 높아지다가 그 후 낮아져서 숙성 12일에는 pH 6.07로 낮아지는 경향이었다.

요약

본 연구에서는 동결온도가 해동 후 숙성한 우육의 품질에 미치는 영향을 검토하였다. 드립감량은 -3°C 동결육이 숙성 6일째 17.12%, -20°C 동결육은 숙성 12일째 14.92%로 높았으며, -3°C 동결육이 -20°C보다 드립량이 많았다. 가열감량은 water bath와 pan 가열 모두 숙성에 의해 감소하였다. 염용성 단백질의 추출성은 숙성기간이 경과하면서 증가하였다. 수용성 단백질의 추출성은 -3°C와 -20°C 동결이 숙성 9일까지 증가하였으나, 12일째에는 다시 감소하였다. L값은 -3°C 동결육이 숙성 9일까지 현저하게 높아지다가 9일 이후는 낮아졌으며, -20°C 동결육은 숙성기간이 경과함에 따라 현저하게 높아졌다. a값은 -3°C 동결육이 숙성 6일과 9일에 현저하게 낮아졌고, -20°C 동결육은 숙성기간 동안 현저하게 낮아졌다. 그리고 b값은 숙성초기보다 숙성기간이 경과하면서 낮아지는 경향이었다. Myoglobin의 변성율은 -3°C 및 -20°C 동결육이 해동 직후 각각 89.70%와 88.00%로 현저하게 높았다. 전단력과는 숙성초기보다 저장기간의 경과와 함께 낮아졌으며, 근원섬유의 소편화도는 숙성기간에 따라 증가하였다. pH는 -3°C와 -20°C 동결육이 숙성 6일까지 높아지다가 그 이후 낮아졌다.

문현

- Jung, I. C., Kim, D. W., Moon, G. I., Kang, S. J., Kim, K. Y. and Moon, Y. H.: Effects of freezing temperature on quality of vacuum packaging freezed beef. *Korean J. Food & Nutr.*, **11**, 409-415(1988)
- Cohen, T.: Aging of frozen parts of beef. *J. Food Sci.*, **49**, 1174-1177(1984)
- Locker, R. H., Davey, C. L., Nottingham, P. M., Haughley, D. P. and Law, N. H.: New concepts in meats processing. *Adv. Food Res.*, **21**, 157-217(1975)
- Matsuishi, M. and Okitani, A.: Palatability of beef imported to Japan. *Anim. Sci. Technol.(Jpn.)*, **64**, 171-178(1993)
- Okitani, A., Matsuishi, M., Negishi, H. and Yoshikawa, S.: Improvement in the palatability of frozen beef by 0°C-storage after thawing. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, **61**,

- 990-997(1990)
6. Negishi, H., Natuno, M. and Yoshikawa, S. : Certain physical and chemical properties in beef loins as indices of aging. *Anim. Sci. Technol.(Jpn)*, **62**, 1095-1103(1991)
 7. Locker, R. H. and Daines, G. J. : The effect of repeated freeze-thaw cycles on tenderness and cooking loss in beef. *J. Sci. Fd. Agric.*, **24**, 1273-1275(1973)
 8. Parrish, F. C. Jr., Young, R. B., Miner, B. E. and Andersen, L. D. : Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological, and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **38**, 690-695(1973)
 9. Crouse, J. D. and Coohmariae, M. : Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. *J. Food Sci.*, **55**, 573-574(1990)
 10. 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**, 1433-1438(1976)
 11. Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A. : Postmortem changes in the actin-myosin interaction of rabbit skeletal muscle. *J. Biochem.*, **89**, 321-324(1981)
 12. Olson, D. G., Parrish, F. C. Jr. and Stromer, M. H. : Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.*, **41**, 1036-1041(1976)
 13. Olson, D. G. and Parrish, F. C. Jr. : Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. *J. Food Sci.*, **42**, 506-509(1977)
 14. Cheng, C. S. and Parrish, F. C. Jr. : Molecular changes in the salt-soluble myofibrillar proteins of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **43**, 461-463(1978)
 15. 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**, 1765-1772(1970)
 16. Smulders, F. J. M., Marsh, B. B., Swartz, D. R., Russell, R. L. and Hoenecke, M. E. : Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Sci.*, **28**, 349-363(1990)
 17. Acton, J. C. and Saffle, R. E. : Preblended and prerigor meat in sausage emulsions. *Food Technol.*, **23**, 367-371(1969)
 18. Sung, S. K. : Study of the changes in alkaline rigor muscle during storage at -20°C. *Korean J. Anim. Sci.*, **24**, 20-26(1982)
 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**, 1699-1702(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**, 1177-1180(1978)
 21. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 edition SAS Institute, Inc., Cray, NC, USA(1988)
 22. Savage, A. W. J., Warriss, P. D. and Jolly, P. D. : The amount and composition of the proteins in drip from stored pig meat. *Meat Sci.*, **27**, 289-303(1990)
 23. Hamm, R. : Post-mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technol.*, **37**, 105-115(1982)
 24. Penny, I. F. : The effect of freezing on the amount of drip from meat. In "Meat freezing why and how" Meat Research, Langford, Bristol, p.8(1974)

(1999년 3월 13일 접수)