

한우육의 고품질화를 위한 냉장, 냉동저장에 관한 연구

김천제

(건국대학교 축산대학 축산가공학과)

Studies on the cold and frozen storage for the production of high quality meat of korea native cattle

Kim, Cheon-Jei

Department of Animal Products Science College Animal Husbandry, Kon-Kuk University

Abstract

Six carcasses of korean native cattle were purchased at commercial meat market and divided by 9 parts. Each meat from carcass was stored at $4^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $-4^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ for 7 days. The composition of nine parts of carcass, the loss during frozen storage, drip loss, cooking loss, sarcomere length, tenderness, color and pH-value were measured.

Obtained results were as follows:

1. The pH change of chilled and frozen stored meat was not showed significant difference for post-mortem 7days after slaughter.
2. The sarcomere shortening of in chilled stored meat was 9.9% less than that of frozen meat, and shear force was lower in all parts of carcass.
3. A-value(redness) of chilled meat was higher than frozen meat, however L-(whitness) and b-value (yellowness) was lower than frozen meat.
4. Drip loss of each parts was average value of 3.37% at postmortem 7days storage in 4°C . Drip loss of flank and sirloin were 2.45%(lowest) and 6.15%(highest), respectively.
5. Total loss of frozen meat by storing and thawing was 7.8%, and that value was 2.5% more loss than chilled meat at postmortem 7days.
6. Total loss of frozen meat by thawing and cooking was 4.4% higher than that of chilled meat.

KEY WORDS : korean native cattle, sarcomere, thawing, tenderness

I. 서 론

한우육은 일반적으로 근육내지방(霜降; Marbling)형성이 우수하고 근섬유가 가늘며 또한 결체조직(collagen)함량이 낮아 연하고 풍미가 우수한 것으로 알려져 있으나 도살후 유통중 취급(냉장, 냉동) 잘못으로 육질이 균일한 상품이 생산되지 못하여 오히려 수입쇠고기보다 질긴 것으로 잘못 인

식되고 있다. 한우육이 수입쇠고기보다 질긴 것은 유전적인 요인보다는 도살후 처리 및 취급방법(예비냉각, 숙성)과 유통중 저장방법의 잘못에 기인하는데 이는 도살후 지육을 사후강직이 미쳐 완료되기 전에 해체하여 급속냉장 혹은 냉동 저장하여 거래하고 있어 저온수축(cold shortening)이나 해동 강직(thaw rigor)이 일어나 근섬유가 심하게 수축하여 고기가 질겨지기 때문이다. 저온수축현상은 일반적으로 백색근육 보다는 적색근육에서 심하게 발생하는 것으로 알려졌는데

(Bendall, 1975) 우근육이 돈근육보다 2배정도 심한 수축현상이 발생하는 것으로 보고되었다(Marsh와 Lee, 1966; McGrae 등, 1971; Behnke와 Fennema, 1973). Hamm등(1984)은 우근육이나 돈근육의 경우 8~16℃에서 근질의 길이가 최소한으로 수축하는데 20℃이상에서 발생하는 고온수축은 저온수축보다 근육의 수축정도가 덜하다고 하였다. 또한 심한 근육의 수축으로 말미암아 근섬유 내부공간이 좁아져 저장 및 해동중 드립(drip)발생이 심하여 경제적 손실이 클 뿐만 아니라 조리중 가열감량이 커 영양적 손실이 크다. 육의 연도 및 보수성은 소비자의 기호성에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 외국산 쇠고기의 수입이 증대됨에 따라 한우육의 품질에 관한 관심이 증대되고 있다. 하지만 한우육에 대한 연구는 매우 적어 도체등급(김등, 1987), 고온숙성의 효과(성등, 1988), 지방산 조성(박등, 1989), 선도 변화(박등, 1988), 숙성에 따른 물리화학적 변화(김등, 1993) 등에 관한 연구만 진행되었을뿐 한우육의 국내 실제 정육거래형태인 냉장, 냉동에 따른 육질에 대한 연구는 전무한 실정이다. 한우는 홀스타인과 교잡종(한우×샤롤레)에 비하여 marbling형성이 우수한 것으로 알려져 있으며 이(1991)의 연구에 의하면 한우는 근섬유가 가늘며 근육내지방/체지방 비가 높으므로 낮은 지육중량에도 불구하고 상강육 면적이 높아 상강도가 우수한 등심을 생산할 수 있는 가능성이 있으며 김 등(1987)의 조사에 의하면 한우는 안심, 등심, 목등심, 양지의 생산수율이 사태, 앞다리, 뒷다리부위보다 상대적으로 높아 고가의 부위육 생산면에서 다소 유리하다고 하였다. 또한 Herring 등(1965b)은 근육이 단축하거나 근섬유의 굵기가 증가 할수록 전단력이 증가하며 근섬유가 가늘수록 전단력이 감소하여 연도가 증가한다고 하였다. 따라서 육용우로서 한우육의 경쟁력을 높이려면 한우육의 특성을 파악하여 품질개선, 보존 및 저장방법등의 기초자료를 마련하여야 한다.

본 연구는 도살후 한우육의 육질이 고품질화 할 수 있는 냉장, 냉동저장기술을 확립하기 위하여 일반정육점에서 시판되고 있는 9개부위(갈비, 사태, 양지, 앞다리, 설도, 우둔, 채끝, 등심, 안심)로 해체하여 -4℃±0.5℃의 냉동실과 4℃±0.5℃의 냉장실에서 7일간 저장하면서 drip, color, pH, texture, 근질길이(sarcomere length), 저장감량, 가열감량, 해동감량등을 조사하여 저장온도와 부위별 지육에 따른 육질변화를 규명하고자 본 실험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

일반 시중 도축장에서 한우(240-256Kg, 2-3세) 6두를 경매 후 운송하여 일반 정육점에서 시판되고 있는 9개 부위(갈비: rib, 사태: shank, 양지: brisket, 앞다리: shoulder clod, 설도: sire loin, 우둔: round, 채끝: strip loin, 등심: loin and chuck, 안심: tender loin)로 해체하여 -4℃±0.5℃의 정육점 냉동실과 4℃±0.5℃의 냉장실에서 7일간 저장하면서 pH, 드립감량, 냉동저장 감량, 해동드립, 가열감량, 연도 및 근질길이를 조사하여 저장온도와 부위별 지육에 따른 육질변화를 조사한다.

2. 실험방법

1) pH 측정

시료 3g당 증류수 20ml을 가하여 50초간 균질시킨 다음 유리전극 pH-meter(Beckman, model No. 72009)로 측정하였다.

2) 육색(Color)측정

시료의 육표면을 Color-meter(Chroma meter, CR 210, Minolta, Japan)를 사용하여 밝기(Whitness)를 나타내는 L-값, 적색도(redness)를 나타내는 a-값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b-값을 각각 3회 측정하였다. 이때의 표준색은 L-값이 97.69, a-값이 +0.37, b-값이 +1.96인 백색타일의 calibration plate를 표준으로 사용하여 측정하였다.

3) 근질(Sarcomere length) 길이 측정

근질은 약 300mg의 근육을 2% glutardialdehyde용액으로 30분간 고정시킨 후 Helium-Neon-Laser를 이용하여 Voyle (1971)의 방법에 의하여 측정하였다.

4) 냉동저장 감량(Freezing storage loss) 측정

각 부위의 한우육을 -4℃±0.5℃의 정육점 냉동실에서 7일간 냉동저장시킨후 발생한 각부위육 중량의 손실량을 원료지육 중량에 대한 냉동저장 감량으로 산출하였다.

5) 해동드립(Thaw drip) 측정

각 부위의 냉동한우육을 중량 85±5g되게 거의 일정한 모양으로 절단하여 polypropylene에 넣어 15℃에서 5시간 해동시킨후 발생한 drip 손실량을 원료육 중량에 대한 해동감량으로 산출하였다.

6) 드립감량(Drip loss) 측정

각 부위의 한우육을 중량 85±5g되게 거의 일정한 모양으로 절단하여 polypropylene에 넣어 4℃±0.5℃의 냉장실에서 7일간 냉장시킨후 발생한 드립 손실량을 원료육 중량에 대한 드립감량으로 산출하였다.

7) 가열감량(Cooking loss)

한우육을 85±5g이 되게 일정한 모양으로 절단하여 polypropylene에 넣어 75℃ water bath에서 30분간 가열하여 20℃에서 10분간 방치한 후 중량의 손실량을 가열감량으로 산출하였다.

8) 연도(Tenderness)

시료를 약 2cm두께로 절단하여 70℃에서 30분간 가열하여 실온에서 30분간 냉각후 근섬유와 평행하게 시료채취기(직경 11mm)로 취하여 Instron (Model 1011, Testing System)으로 측정하였다. 이때의 cross head speed는 200mm/min이고 chart speed는 20×10mm/min이었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 냉장, 냉동육의 pH, 근절길이, 연도의 변화

Table 1은 도살후 7일간 냉장, 냉동 저장에 따른 각부위별 pH변화를 나타낸 것으로 지육 부위별 pH는 다소 차이는 있었으나 큰차가 인정되지 않았으며, 냉장, 냉동에 따른 pH변화는 냉장육의 pH가 냉동육보다 다소 높았으나 유의성은 인정되지 않았다. Hamm(1974)은 숙성기간 1일의 pH가 5.6에서 7일간 숙성한 후의 pH는 5.75로 숙성기간이 경과할수록 육의 pH는 다소 상승한다고 하였다.

Table 1. pH-value of chilled and frozen meat in various parts of korean native cattle 7days postmortem

Parts	Chilled Meat	Frozen Meat
Tender Loin	5.53	5.51
Loin and Chuck	5.51	5.49
Strip Loin	5.31	5.29
Round	5.55	5.45
Sire Loin	5.57	5.41
Shoulder Clod	5.35	5.40
Brisket	5.36	5.35
Shank	5.62	5.45
Rib	5.28	5.32

* Chilled meat was stored 7day at 4℃, frozen meat was stored 7day at -4℃.

* Values are means of five replications

Fig. 1은 냉장, 냉동육의 각부위별 근절길이를 나타낸 것이다. 냉장육은 냉동육 보다 근육의 수축이 덜하여 평균 9.9% 근절의 수축이 덜하였으며, 모든부위의 근절길이가 다소 길게 나타났다. 우둔과 갈비부위는 냉동시킴에 따라 수축이 심하여 냉장육보다 20~30% 더 근절의 길이가 수축하였다. 또한 부위에 따른 근절의 길이는 안심이 2.60~2.71μm로 냉장, 냉동육 모두에서 가장 길었으며 채끝부위가 1.70~1.90μm로 가장 짧아 Herring 등(1965 a)의 결과와 일치하였다.

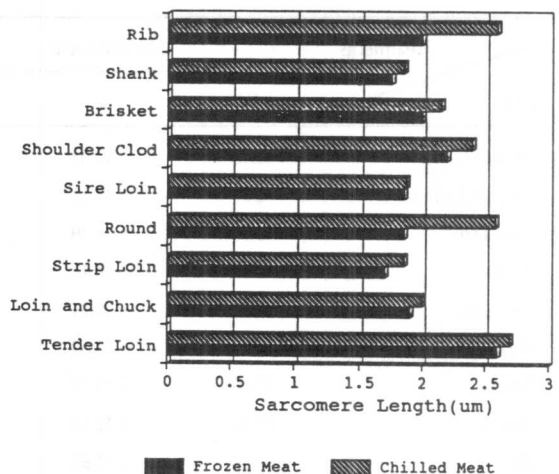


Fig. 1. Sarcomere length of chilled and frozen meat in various parts of korean native cattle stored for 7 days.

본 실험에서 냉동육의 근절길이가 냉장보다 짧은 것은 운송직후 해체한 한우육의 평균 pH가 6.2~5.9로서 아직 해당 작용이 진행되고 있어 냉동에 따른 미약한 해동강직에 의하여 근절이 수축한 것으로 사료된다. 또한 Honikel 등(1981a, b)은 사후강직이 시작될때까지 근절길이에 변화가 없으나 사후강직이 시작되면 근절길이가 크게 수축 한다고 하였으며, 해동 강직에 의해서는 근절길이의 50~75%가 감소한다고 하였다(Okubanjo 등, 1975). Smith등(1969)은 사후강직 지체시간과 근절길이간에 매우 높은 상관관계가 있다고 하였으며 채끝부위의 해당작용 속도가 빨라 매우 짧은 근절길이를 나타낸다고 하였다(Beecher, 1965). 갈비와 우둔부위는 냉장, 냉동의 차이가 가장 커 해동강직에 의해서 수축이 심하게 일어난 것으로 사료된다.

Fig. 2는 냉장, 냉동육의 각부위별 연도를 나타낸 것이다. 연도는 냉장, 냉동에서 근절의 길이가 가장 긴 안심부위가 가장 연했으며 운동량이 많은 앞다리 부위가 가장 질겼다. 7일간 숙성시킨 냉장육은 냉동육보다 모든 부위에서 전단력이 낮았다. Herring등(1965b)에 의하면 안심(M. Psoas Major)은 다른 근육에 비하여 근섬유가 가늘고 근절의 길이가 길어 연하다고 하였다. 근섬유가 가늘수록 연도가 높으며, 한우육은 콜라겐 함량이 낮고 근섬유가 가늘며 근육내지방/체지방의 비가 높아 육질이 우수한 특성을 갖추고 있다고 한다(이, 1991).

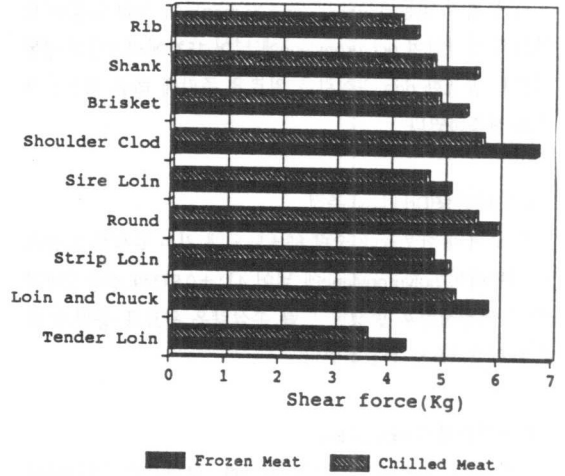


Fig. 2. Tenderness of chilled and frozen meat in various parts of Korean native cattle stored for 7 days.

Cross등(1976)은 냉동저장에 의해서 육이 질겨진다고 하였으나 Winger와 Fennema(1976)은 -3℃ 정도의 온도에서 냉동저장하면 연도가 증가한다고 하였다.

Table 2는 7일간 냉장, 냉동한 육의 부위별 color 변화를 나타낸 것이다.

Table 2. Color-value of chilled and frozen meat in various parts of Korean native cattle

Parts	Chilled Meat			Thawed Meat		
	L	a	b	L	a	b
Tender Loin	41.16	+ 12.93	+ 3.12	43.45	+ 10.79	+ 3.78
Loin and Chuck	42.23	+ 14.17	+ 3.99	43.50	+ 11.78	+ 4.73
Strip Loin	42.65	+ 15.39	+ 4.62	43.18	+ 12.75	+ 4.28
Round	40.67	+ 14.46	+ 3.89	43.84	+ 12.45	+ 4.77
Sire Loin	41.62	+ 15.21	+ 4.07	42.85	+ 12.29	+ 3.82
Shoulder Clod	39.89	+ 13.63	+ 3.05	42.83	+ 11.67	+ 4.21
Brisket	41.40	+ 11.37	+ 2.65	44.57	+ 10.90	+ 3.27
Shank	41.06	+ 12.88	+ 2.40	41.27	+ 10.13	+ 2.31
Rib	44.36	+ 11.85	+ 2.50	44.37	+ 10.50	+ 3.73
Mean ^{a)}	41.67 ± 1.22	+ 13.54 ± 1.33	+ 3.36 ± 0.75	43.31 ± 0.92	+ 11.47 ± 0.88	+ 3.87 ± 0.72

* L-value (whiteness): 0 = black, 100 = white, a-value (redness): + 60 = red, - 60 = green, b-value (yellowness): + 60 = yellow, - 60 = blue^{a)} was calculated in same columns

백색도를 나타내는 L-값은 냉동후 해동한 육이 평균 43.31으로 냉장육(41.67)보다 높았으며, 적색도를 나타내는 a-값은 냉장육이 높게 나타났고, 또한 황색도를 나타내는 b-값은 해동육이 냉장육보다 다소 높게 나타났다. 이것은 냉동에 의해서 육조직이 파괴되어 육즙의 손실이 증가되어 마이오글로빈 육색소의 손실량이 증가되었기 때문에 나타난 결과로 사료된다. Hood(1980)은 저장온도에 의해서 육색이 영향을 받는다고 하였으며, 저장기간의 경과에 따른 육색의 변화는 metmyoglobin 형성이 증가하기 때문에 육색이 퇴색되며(Ledward, 1971), 숙성기간중에는 근섬유의 붕괴에 의하여 oxymyoglobin의 함량이 증가하기 때문에 육색이 개선된다(Claus 등, 1984)고 한다.

2. 한우육의 냉장, 냉동중 감량변화 및 가열감량과 총손실량

Fig. 3은 도살후 정육점으로 운반되어 온 지육을 부위별로 해체하여 4℃에서 7일간 저장중 드립손실을 나타낸 것으로 평균 3.37% 드립이 발생하였으며, 사태부위가 2.45%로 가장 낮았으며 설도부위가 6.15%로 가장 높았다.

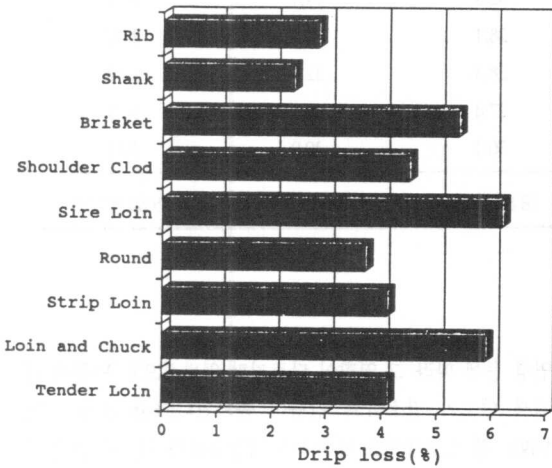


Fig. 3. Drip loss in various meat parts of Korean native cattle stored at 4°C for 7 days.

육은 도살후 근원섬유의 근소포체로부터 Ca²⁺ 이온들이 유리되어 근육의 수축이 일어나는데 이러한 근수축의 정도와 속도는 사후 저장온도, pH, ATP농도 등에 의하여 영향을 받는다(Cornforth 등, 1980). 저장중 드립발생은 근육 수축에 의하여 근육내부의 공간이 줄어들게 되어 근육내 수분이 근육 외부로 빠져나와 감량이 발생하며(Heffron과 Hegarty,

1974), 사후 육의 pH가 감소되어 보수력이 감소하여 감량이 발생된다(Hamm, 1982). 그러한 감량은 육의 부위와 결체조직 등에 의해서 영향을 받는다(Honikel 등, 1985)고 하였다.

-4℃에서 7일간 냉동저장중 지육 부위별 냉동저장감량은 평균 2.1%로 양지, 앞다리, 안심부위가 2.4~2.9%로 높았으며 건과 결체조직이 많은 갈비부위가 1.8%로 가장 낮았다(Fig. 4).

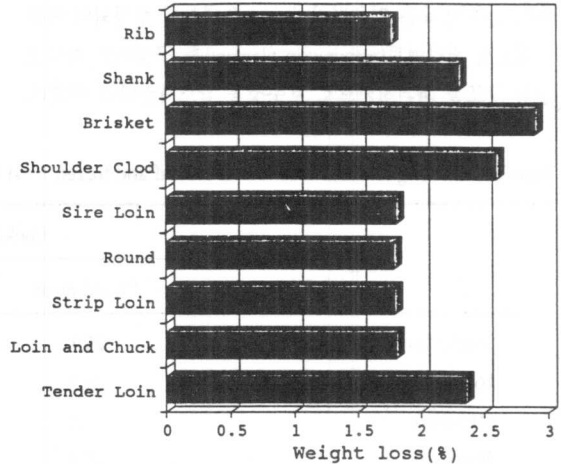


Fig. 4. Freezing storage loss in various meat parts of Korean native cattle stored at -4°C for 7 days.

-4℃에서 7일 냉동저장후 해동시 발생하는 해동감량은 평균 5.7%로 안심부위가 7.3%로 가장 높았으며 설도, 우둔, 채끝, 등심부위가 비교적 높은 값을 보였고, 사태부위가 3.5%로 가장 낮았다(Fig. 5). 도살후 7일간 냉동정장후 해

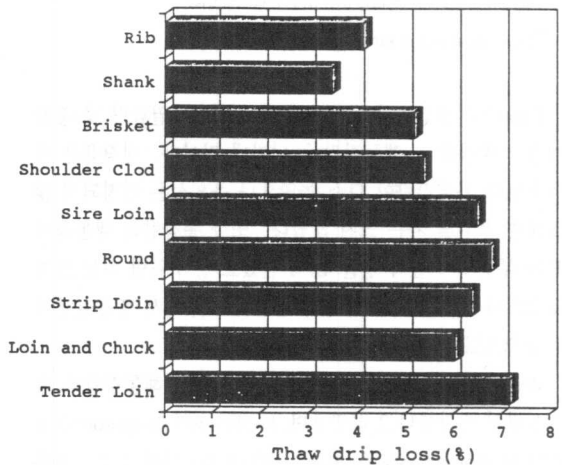


Fig. 4. Thaw drip loss in Various meat parts of Korean native cattle stored at -4°C for 7 days.

동한 육의 저장 및 해동에 의한 총손실량은 평균 7.8%로 냉장한 육(4.35%)보다 약 2.5% 총손실량이 높았다.

냉동된 제품의 품질은 냉동 속도, 저장기간, 저장온도, 냉동하는 제품의 조성 및 포장형태에 의하여 영향을 받는다(Bhattacharya 등, 1988). 냉동으로 인하여 육단백질이 변성되어(특히 근원섬유단백질) 보수력이 감소되어(Fennema, 1973) 해동시 드립감량, 가열감량 및 총손실량이 증가하며, Penny (1974)는 냉동육은 얼음결정이 근섬유내부에 형성되어 액토마이오신 필라멘트(actomyosin filament)를 구성하는 마이오신의 구조를 파괴시키므로 보수성을 감소시킨다고 하였다.

또한 냉동중에 마이오신 분자가 이중체(dimer), 삼중체(trimer)등의 고분자의 polymer상태로 응집이 일어나고(King, 1966; Anderson과 Ravesi, 1970; Childs, 1973; Jiang과 Lee, 1985), 이 성분들이 육의 다른 성분과 응집되므로 단백질이 변성된다고 하였다(Andou 등, 1980; Jiang, 1984; Noguchi, 1974). 냉동된 육은 해동될때 드립량이 증가하여 가열한 후 육의 관능적특성에 변화를 야기한다. 加藤(1974)은 드립은 불가역적 탈수에 의한 것으로 육의 보수성이 낮을수록 드립량은 크다고 하였다.

Table 3. Cooking loss and total loss of chilled and frozen meat in various parts of korean native cattle

Parts	Cooking loss		Total loss ^{a)}	
	Chilled meat	Frozen meat	Chilled meat	Frozen meat
Tender Loin	25.9	27.5	30.0	35.8
Loin and Chuck	26.3	30.1	32.2	36.5
Strip Loin	27.2	25.4	31.3	39.0
Round	28.4	30.0	32.1	37.0
Sire Loin	25.9	32.8	34.1	39.1
Shoulder Clod	27.0	28.1	31.5	34.0
Brisket	27.9	28.3	32.5	34.2
Shank	26.5	27.8	28.9	32.5
Rib	27.1	30.0	30.0	34.1
Mean ^{b)}	26.91 ± 0.81	28.89 ± 1.99	31.40 ± 1.48	35.80 ± 2.18

^{a)} determined with drip loss plus cooking loss.

^{b)} was calculated in same columns

Table 3은 냉장육과 냉동육의 각부위별 가열감량 및 총손실량(가열감량 + 해동감량)을 나타낸 것이다. 냉장육은 냉동육보다 가열감량이 다소 높았으나 유의성은 인정되지 않았으며 부위별 차는 크지 않았다. 또한 총감량은 냉동육이 모든 부위에서 높아 평균 4.4% 높았으며, 부위별 차는 크지 않았으나, 설도부위가 냉장육 냉동육 모두에서 총손실량이 가장 높았으며 사태부위가 가장 낮았다.

Winger와 Fennema(1976)는 냉동에 의해서 해동감량과 총손실량이 증가한다고 하였으며, Jakobsson과 Bengtsson(1973, 1974)와 Bhattacharya 등(1988)은 냉동저장기간이 경과할수록 가열감량이 증가한다고 하였다. 냉동육은 냉동시간, 냉동속도, 냉동온도, 해동속도, 해동시간, 축종의 종류 및 가축의

연령 등에 따라 그 영향이 다르지만 일반적으로 냉동에 의해서 연도가 감소되고, 감량이 증가된다(Bhattacharya 등, 1988). 본 실험에서도 냉동육이 냉장육보다 각 부위별 총가열감량이 높게 나타났다.

적 요

본 연구는 한우(240~265Kg, 2~3세) 6두를 시중에서 유통되는 방법으로 경매후 운송된 지육을 일반정육점에서 시판되고 있는 9개 부위로 해체하여 -4℃ ± 0.5℃의 냉동실에서 7일간 저장하면서 부위별 pH, 냉동감량, drip, 가열감량, 전단

력, 육색 및 근질길이를 조사하였다.

1. 도살후 7일간 냉장, 냉동한 한우육의 pH는 차이가 없었다.
2. 냉장한우육은 냉동육 보다 평균 9.9% 근질의 수축이 덜하였으며, 지육의 모든 부위에서 전단력이 낮았다.
3. 냉장한우육은 냉동육보다 a-값(redness)은 높았으나, L-값(whitness)과 b-값(yellowness)은 낮았다.
4. 4℃에서 도살후 7일간 저장중 한우육 각부위는 평균 37% 드립이 발생하였으며, 사태부위가 2.45%로 가장 낮았으며, 설도부위가 6.15%로 가장 높았다.
5. 도살후 7일간 냉동저장한 한우육의 저장 및 해동에 의한 총손실량은 평균 7.8%로 냉장육보다 2.5% 총손실량이 증가하였다.
6. 냉동한우육의 해동 및 가열에 의한 총감량은 냉장육보다 평균 4.4% 높았다.

참 고 문 헌

1. Anderson, M. L. and Ravesi, L. : On the nature of the association of protein in frozen stored cod muscle. *J. Food Sci.*, **35**:551(1970)
2. Andou, S., Takama, K. and Zama, K. : Interaction between lipid and protein during frozen storage. Effect of non-polar and polar lipid on rainbow trout myofibrils during frozen storage. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **31**:201(1980)
3. Beecher, G. R., Cassens, R. G., Hoekstra, W. G. and Briskey, E. J. : Red and white fiber distribution and associated post-mortem properties of seven porcine muscles. *J. Food Sci.* (1965)
4. Behnke, J. R. and Fennema, O. : Quality changes in prerigor beef at -3. *J. Food Sci.*, **38**:539(1973)
5. Bendall, J. R. : Cold-contraction and ATP-turnover in the red and white musculature of the pig, post-mortem. *J. Sci. Food. Agric.*, **26**: 55(1975)
6. 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)
7. Childs, E. A., : Interaction of formaldehyde with fish muscle in vitro. *J. Food Sci.*, **35**:558(1973)
8. Claus, J. R., Kropt, D. H., Hunt, M. C. Kaster, C. L. and Dikman, M. C. : Effects of beef carcass electrical stimulation and hot bonning on muscle display color of polyvinylchloride packaged steaks. *J. Food Sci.*, **49**:1021 (1984)
9. Cornforth, D. P., Pearson, A. M. and Merkel, R. A. : Relationship of mitochondria and sarcoplasmic reticulum to cold shortening. *Meat Sci.*, **4**:103(1980)
10. Cross, H. R., Green, C. E., Stanfield, M. S. and Franks, W. J., : Effect of quality grade and cut formation on the palatability of ground beef patties. *J. Food Sci.*, **41**:9(1976)
11. Fennema, O., : Water and Ice. In "Low temperature Preservation of Foods and Living Matter." p. 3. Marcel Dekker, New-York (1973)
12. Hamm, R., : Water-holding capacity of meat in "Meat". The Worth press, London(1974)
13. Hamm, R., : Post-mortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technol.*, **37**(5):86 (1982)
14. Hamm, R., Honikel, K. O. and Kim, C. J. : Veränderung im Schweine und Rindmuskel nach dem Schlachten. *Fleischwirtschaft*, **64**:1387 (1984)
15. Heffron, J. J. and Hegarty, P. V. J. *Cop. Biochem. Physiol.*, **49**, A43(1974)
16. Herring, H. K., Cassen, R. G. and Briskey, E. J., : Sarcomere length of free and restrained muscle at low temperature as related to tenderness. *J. Sci. Food Agr.*, **16**: 379(1965a)
17. Herring, H. K., Cassen, R. G. and Briskey, E. J., : Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length and fiber diameter. *J. Food Sci.*, **30**:1049 (1965 b)
18. Honikel, K. O., Fischer, C., Hamid, A. and Hamm, R., : Influence of post mortem changes in bovine muscle on the Water Holding Capacity of beef : Post-mortem of muscle at various temperatures between 0-30. *J. Food Sci.*, **46**:23 (1981a)
19. Honikel, K. O., Fischer, C., Hamid, A. and Hamm, R., : Influence of post mortem changes in bovine muscle on the Water Holding Capacity of beef : Post-mortem storage of muscle at 20. *J. Food Sci.*, **46**: 2(1981 b)
20. Honikel, K. O., Kim, C. J. and Hamm, R., ; Sarcomere Shortening of Prerigor Muscles and Its Influence on Drip Loss,

Meat Science, 10(1985)

21. Hood, D. E. : Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. *Meat Sci.*, **4**:247(1980)
22. Jakobsson, B. and Bengtsson, N., : Freezing of raw beef influence of aging, freezing rate and cooking method on quality and yield. *J. Food Sci.*, **38**:637(1973)
23. Jakobsson, B. and Bengtsson, N.,: Freezing of cooked meat:influence of freezing rate and reconstitution method on quality and yield. *J. Food Sci.*, **39**:615(1974)
24. Jiang, S. T., : Effect of free amino acids and freezing conditions on protein denaturation of frozen fish. Doctoral dissertation, Univ. Rhode Island. (1984)
25. Jiang, S. T. and Lee, T. C., : Changes in free amino acid and protein denaturation of fish muscle during frozen storage. *J. Afric. Food Chem.*, **33**:839(1985)
26. King, F. J., : Ultracentrifugal analyses of changes in the composition of myofibrillar proteins extracts obtained from fresh and frozen cod muscle. *J. Food Sci.*, **31**:649(1966)
27. Ledward, D. A. and MacFarlane, J. J. : Some observations on myoglobin and lipid oxidation in frozen beef. *J. Food Sci.*, **36**:987(1971)
28. Marsh, B. B. and Lee, N. G. : Studies in meat tenderness. The effect of cold shortening on tenderness. *J. Food Sci.*, **31**:450 (1966)
29. McCrae, S. E., Seccombe, C. G., March, B. B. and Carse, W. A. : Studies in meat tenderness. 9. The tenderness of various lamb muscle in relation to their restraint and delay before freezing. *J. Food Sci.*, **36**:566(1971)
30. Noguchi, S., : The control of denaturation of fish muscle proteins during frozen storage. Doctoral dissertation, Sophia Univ. Tokyo, Japan. (1974)
31. Okubanjo, A. O., Stouffer, J. R. and Bensadoun, A., : Ultrastructure of thaw rigor bovine muscle. *J. Food Sci.*, **40**: 509(1975)
32. 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 Institute, Langford, Bristol. (1974)
33. Smith, G. C., Carpenter, Z. L. and King, G. T. : Consideration for beef tenderness evaluation. *J. Food Sci.*, **34**:612 (1969)
34. Voyle, C. A. : Sarcomere length and meat quality. 17th European Meeting of Meat Research Workers. Bristol. 95 (1971)
35. 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)
36. 加藤舞郎, 食品冷凍의 理論과 應用. 日本, 光琳書林. p 354~365,(1974)
37. 김용곤, 한수현, 김동훈, 이영진, 강태홍, 김강식: 소 도체 등급기준 설정에 관한 연구. *한국축산학회지*, **29**, 358 (1987)
38. 김천제, 최도영, 신현길, 이무하, 이재준, 정규성, 고원식: 사후 저장온도 15°C에서 한우적색근육의 생화학, 물리적 변화에 관한 연구. *한국식품과학회지* **25**(1):57~62(1993)
39. 박구부, 김영직, 이한기, 김진성, 김영환: 저장기간에 따른 육의 선도 변화. *한국축산학회지*, **30**, 561(1988)
40. 박구부, 이재숙, 이한기, 송도순: 저장기간에 따른 한우육 및 돈육의 지방산 조성 변화. *한국축산학회지*, **31**, 254 (1989)
41. 성삼경, 안동현, 김수민: Effect of high temperature ageing on physical and morphological characteristics of korean male beef. *한국축산학회지*, **30**, 666(1988)
42. 이영진: 소의 품종별 지육조성 및 육질육성, *한국축산학회지*, **33**, 238(1991)