

냉장 또는 동결우육에 있어서 저장기간과 재냉장이 연도에 미치는 영향

김 미 숙·문 윤 희

경성대학교 식품공학과

Effects of Storage Period and Rechilling Process on Tenderness of Chilled or Frozen Beef

Mi-Sook Kim and Yoon-Hee Moon

Dept. of Food Science and Technology, Kyungsung University

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of the tenderness for the vacuum chilled, the air-frozen or the rechilled Holstein beef loin. The vacuum packaged beef was stored at 1°C and the air-packaged beef was stored at -20°C for 60 days. The rechilled beef was restored for 3 days at 1°C by using the vacuum chilled or the air-frozen beef. Hardness and chewiness of the vacuum chilled beef were better than those of the air-frozen beef. Hardness and chewiness were improved significantly($p < 0.05$) after the 40 days storage for the vacuum chilled beef, but there was no significant improvement for the air-frozen beef during the 60 days storage. By the rechilling process, tenderness and myofibrillar fragmentation index of the vacuum chilled and air-frozen beef improved. Especially those were improved significantly($p < 0.05$) in the vacuum chilled beef after the 20 days storage, and in the air-frozen beef after the 40 and 60 days storage.

Key words : rechilled beef, hardness, fragmentation index.

서 론

우육의 기호성은 맛, 향 그리고 연도가 복합적으로 관여하게 되는데 그 중에도 특히 연도가 큰 영향을 미친다. 그래서 우육은 기호성을 좋도록 하기 위해서 필수적으로 연도를 향상시켜야 된다. 우육의 연도를 향상시키는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나 냉장온도에서 숙성시키면서 그 효과를 얻는 것이 보편적으로 활용되고 있다. 그러나 냉장온도에서는 우육을 오랫동안 저장할 수가 없으므로 진공포장을 하거나 동결하여 저장기간을 연장시키고 있다. 소비자들은 동결육보다 냉장육을 선호하고 있음에도 불구하고 아직까지도 동결육이 많이 유통되고 있는 실정이다. 그러나 요즈음 국내 정

육 시장은 냉장육 유통의 활성화와 냉장육 시장의 확대에 관심이 높아지고 있다. 동결육은 동결기간 중에 숙성이 되지 않아서 해동하여 이용할 때에 숙성효과가 없으면서 오히려 품질과 기호성이 저하되기 때문이다^(1~3). 도축한 우육의 동결은 대부분 최대 경직기가 지나고 나서 숙성되기 전에 이루어지고, 이것을 해동한 후에는 곧바로 이용되는 경우가 많으므로 실질적으로 연도가 향상되지 않은 것을 이용함으로써 기호성이 나쁘게 되는 하나의 원인이 된다. 그래서 동결우육은 해동한 후에 일정기간 냉장하였다가 이용하는 것이 기호성을 향상시킬 수 있는 방안이기도 하다^(4,5). 이 때 동결기간에 따라 해동 후 냉장 효과가 다르게 나타날지도 모른다. 한편 일정기간 동결하였다가 해동한 우육을 다시 냉장하였을 때에 연도가 향상되는 정도가 진공포장하여 같은 기간동안 냉장하였을 때의 향상되는 연도에 비해서 어느 정도 차이가 있는지에 대해 확인할 필요가 있다고 생

Corresponding author : Mi-Sook Kim, Dept. of Food Science and Technology, Kyungsung University, Pusan 608-736, Korea.

각되었다. 그러므로 본 연구에 있어서는 동일 개체의 등심육에서 한쪽은 동결육으로, 다른 한쪽은 진공포장냉장육으로 일정기간 저장하였다가 동결육은 해동하고, 진공포장육은 포장을 개봉한 후 다시 냉장하였을 때에 연도의 향상 정도를 확인하였다.

재료 및 방법

재료

홀스타인(우, 도체중량 $248 \pm 30\text{kg}$)을 도축장(경남 김해소재 태강산업)에서 도축하여 그 지육을 48시간 냉장한 것의 제 1흉추와 요추 사이를 수직 절개한 부위에서 제 1흉추 방향의 등심부위(신선육)를 구입하여 동일도체에서 두쪽으로 나누어 한쪽은 염화비닐수지로 진공포장하고 $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에 냉장(냉장육)하였으며, 나머지 한쪽은 폴리에틸렌 필름으로 함기포장하여 $-20 \pm 1^\circ\text{C}$ 에 동결(동결육)하였다. 냉장육과 동결육은 모두 20, 40 및 60일째에 시료로 하였으며, 진공포장을 개봉하거나 또는 해동한 후 $1 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에 3일간 냉장한 것을 재냉장육이라 하였다.

물리적 특성의 측정

소 등심육의 경도, 탄력성, 응집성 및 저작성의 측정은 근섬유를 평행하게 단면을 약 $40 \times 15\text{mm}$ 로 자른 뒤 rheometer(Model No. CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때 사용된 감압축은 점탄성용(Flanger No. 25)이었으며, 측정조건은 table speed 120 mm/min , chart speed 10 mm/sec , sample height 10mm 그리고 load cell 2kg 으로 하였으며, 저작성의 계산은 경도 \times 탄력성 \times 응집성으로 나타내었다.

근원섬유의 소편화도 측정

근원섬유의 소편화도의 측정은 Culler 등⁽⁶⁾의 방법으로 하였다. 즉 마쇄한 시료 5g 에 100mM KCl , $20\text{mM K}_2\text{HPO}_4$, 1mM EDTA , 1mM MgCl_2 및 $1\text{mM Na}_3\text{N}_3$ 로 조제한 용액 50ml 를 가하여 $10,000\text{rpm}$ 에서 30초간 균질화하여 혼탁액을 만들고 $2,000\text{rpm}$ 에서 15분간 원심분리하여 얻어진 침전물에 상기의 추출용액을 5배 넣어 여과한 여액을 biuret법⁽⁷⁾으로

단백질의 농도를 측정하였다. 그리고 측정한 단백질의 농도가 $0.50 \pm 0.05\text{mg/ml}$ 가 되게 회석하여 540nm 에서 측정한 흡광도에 200을 곱하여 소편화 정도로 하였다.

통계처리

자료에 대한 통계분석은 SAS /PC를 사용하여 분석하였고 Duncan's multiple range test로 처리구간의 유의성을 검정하였다⁽⁸⁾.

결과 및 고찰

물리적 특성

도축 후 48시간 경과한 우육에서 등심부위를 분리하고 그것을 두쪽으로 나누어서 한쪽은 진공포장하여 1°C 에 냉장하고, 다른 한쪽은 함기포장하여 -20°C 에 동결하여 진공포장냉장육과 함기포장동결육을 준비하였다. 전자를 냉장육, 후자를 동결육이라 하였다. 냉장육과 동결육은 저장 20, 40 및 60일째에 진공포장을 개봉하거나 또는 해동하여 연도에 관련된 물리적 특성을 측정하였으며, 진공포장을 개봉하거나 또는 해동한 우육은 다시 냉장(재냉장)하여서 재냉장의 효과를 비교하였다. 그 결과는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1의 (A)에서 보는 바와 같이 도축 후 2일째 우육의 경도는 847.2dyne/cm^2 이었으며 이것을 진공포장하여 냉장한 것은 냉장기간이 길어지면서 그 수치가 점점 낮아져서 60일째에 609.5dyne/cm^2 로 되어 신선육에 비해서 28.1% 정도 낮아졌다. 그리고 냉장기간이 20일째의 것은 진공포장을 개봉하여 3일간 재냉장하였을 때의 경도가 현저히 낮아졌으나 냉장기간이 40일 및 60일째의 것은 재냉장에 의한 연도의 차이가 현저하지 않아서 재냉장육의 연도는 40일 이후에 크게 변하지 않음을 알 수 있었다. 이것은 진공포장하여 냉장한 우육의 경도가 저장 40일까지 많이 낮아져 버리고 그 이후에는 경도의 변화가 적어진 현상으로 보인다. 식육의 연도와 근절의 길이는 상관이 크다고 알려져 있으며^(9,10) 본 실험결과에서 해동할 때의 드립에 의한 근형질 성분이 유출되어 버린 상태에서도 재냉장한 우육의 연도가 향상된 것은 근절의 길이가 길어지면서 나타난 것으로 생각된다. 한편 Fig. 1의 (B)에서 보는 바와 같이 동결육의 경우, 60일까지 연

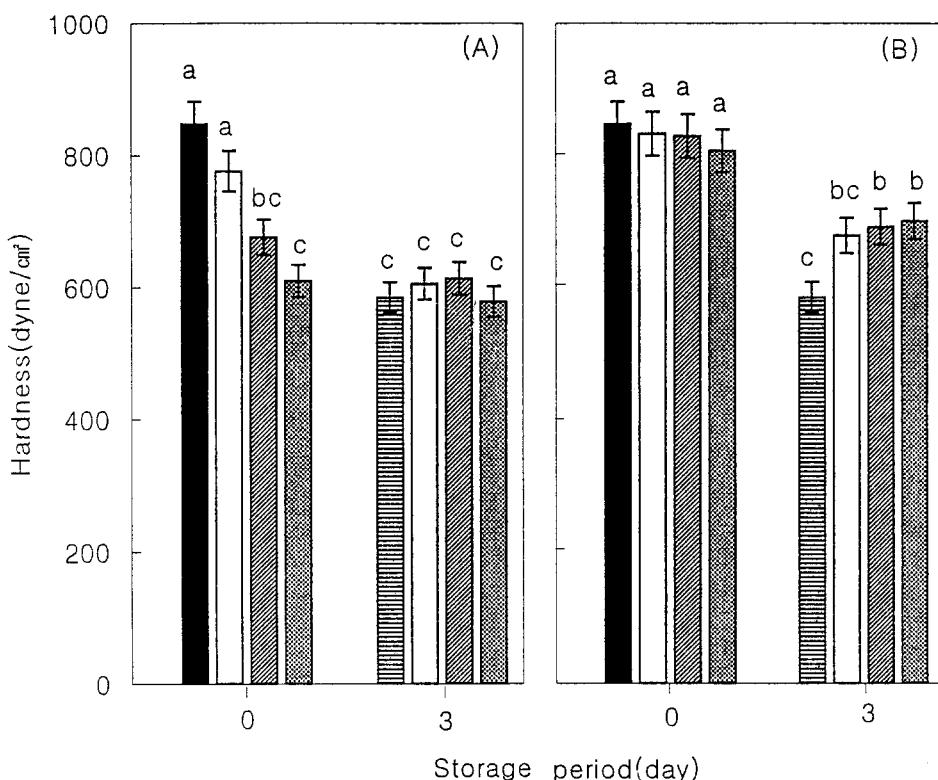


Fig. 1. Effect of rechilling at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ on hardness of beef loin after open the vacuum pack or thawing.

(A) Stored at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ in vacuum package, (B) Stored at $-20\pm1^{\circ}\text{C}$ in air package,
 ■ : Stored for 2 days postmortem(control), ▨ : Stored for 3 days after 2 days postmortem,
 □ : Stored for 20 days, ▨ : Stored for 40 days, ▨ : Stored for 60 days.
 a~c) Superscripts are significantly difference($p<0.05$).

도의 변화가 거의 없었으며 해동 후에 재냉장 하므로써 경도는 현저히 낮아져서 동결육은 해동 후 곧바로 이용하는 것보다 일정기간 냉장하였다가 이용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

저장기간과 재냉장이 냉장육과 동결육의 탄력성에 미치는 영향에 대한 실험결과는 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 (A)에서 보는 바와 같이 신선육의 탄력성은 70.8%이었으며, 진공포장하에 20일간 냉장한 것은 현저한 차이가 없었으나 40일 및 60일 냉장한 것은 20일 냉장한 것에 비하여 유의적으로 낮은 결과를 보였다. 또 20, 40 및 60일째에 진공포장을 개봉하고 재냉장한 것에서는 40일 및 60일째의 것이

신선육에 비하여 현저한 차이를 보였으나 냉장기간에 따른 차이는 크지 않았다. 이러한 현상은 동결육에서도 마찬가지이었다.

저장기간과 재냉장이 냉장육과 동결육의 응집성에 미치는 영향은 Fig. 3에 나타내었다. 그 결과 20, 40 및 60일간 냉장 또는 동결한 우육은 모두 신선육에 비하여 응집성이 현저히 낮아져서 근육을 형성하는 내부 결합력이 약화되어 있었다. 냉장육의 경우 저장기간과 재냉장에 의한 차이는 현저하지 않았고, 동결육의 경우 저장기간에 따른 차이는 현저하지 않았으나 재냉장에 의한 차이는 20일째에 유의적인 차이를 보였고 40일과 60일째의 것은 현저한 차이를 보이지 않았다.

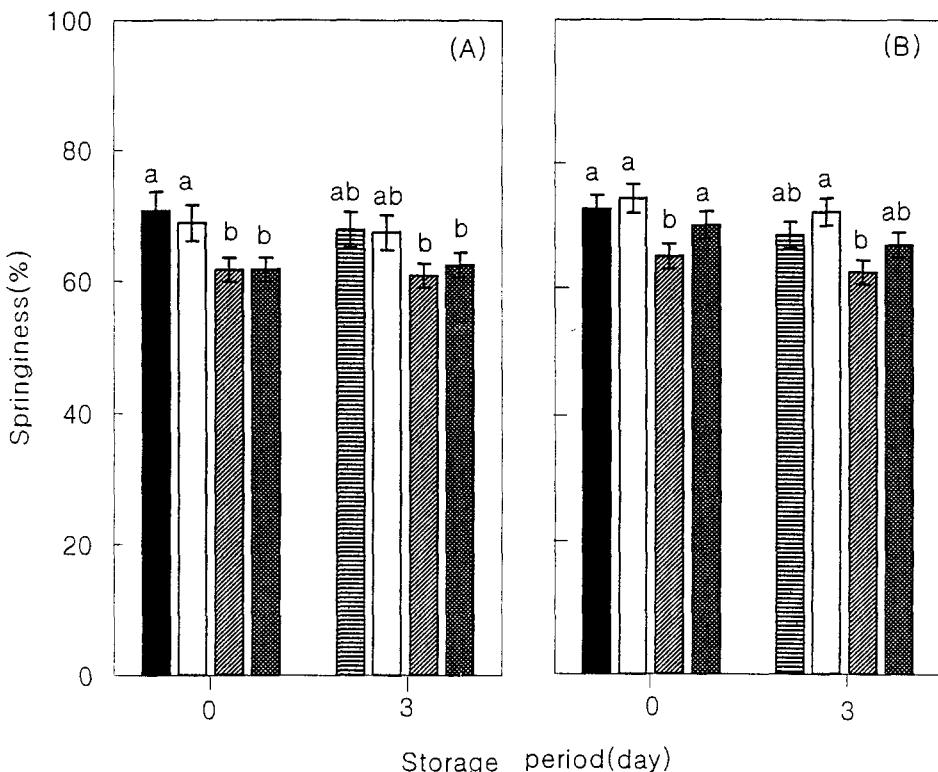


Fig. 2. Effect of rechilling at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ on springiness of beef loin after open the vacuum pack or thawing.

(A) Stored at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ in vacuum package, (B) Stored at $-20\pm1^{\circ}\text{C}$ in air package

■ : Stored for 2 days postmortem(control), ▨ : Stored for 3 days after 2 days postmortem,

□ : Stored for 20 days, ▨ : Stored for 40 days, ■ : Stored for 60 days.

a,b) Superscripts are significantly difference($p<0.05$).

저장기간과 재냉장이 냉장육과 동결육의 저작성에 미치는 영향은 Fig. 4에 나타낸 결과와 같다. 진공포장하에 냉장한 우육은 20, 40 및 60일째에 모두 신선육에 비해서 현저하게 저작성이 낮아졌으며, 이 때에 40일과 60일째의 것은 서로간의 차이를 보이지 않았으나 20일째의 것에 대해서는 모두 유의적인 차이를 보였다. 그리고 재냉장에 의한 저작성의 차이는 냉장 20일째에 크게 나타났으나 40일과 60일째의 것은 현저한 차이를 보이지 않았다. 한편 동결육의 경우 60일까지 저작성이 다소 낮아졌으나 유의적인 차이는 아니었고, 이 때에 저작성이 낮아진 것은 해동 후에 rheometer에서 측정할 때까지의 연도가 향상된 데서 오는 결과라고 생각되었다. 동결육을 해동하고 재냉장한 경우

재냉장하지 않은 것에 비하여 모두 저작성이 현저히 낮아졌으나 저장기간에는 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과는 根岸 등⁽¹¹⁾이 Warner-Bratzler를 이용하여 우육의 전단력을 측정한 결과와 유사하였으며, 해동후 숙성으로 연도가 향상된다는 Winger와 Fennema⁽¹²⁾의 보고와 일치하였다. 결론적으로 진공포장냉장육과 동결육의 연도를 향상시키기 위해서는 저장기간이 짧은 냉장육의 경우 포장을 개봉한 후 재냉장이 필요하고, 동결육의 경우는 저장기간에 관계없이 해동 후 재냉장하므로써 그 효과를 얻을 수 있음이 확인되었으며 이러한 결과가 관능평가에 의한 기호성에 기여하는 정도는 다음 기회에 보고하려 한다.

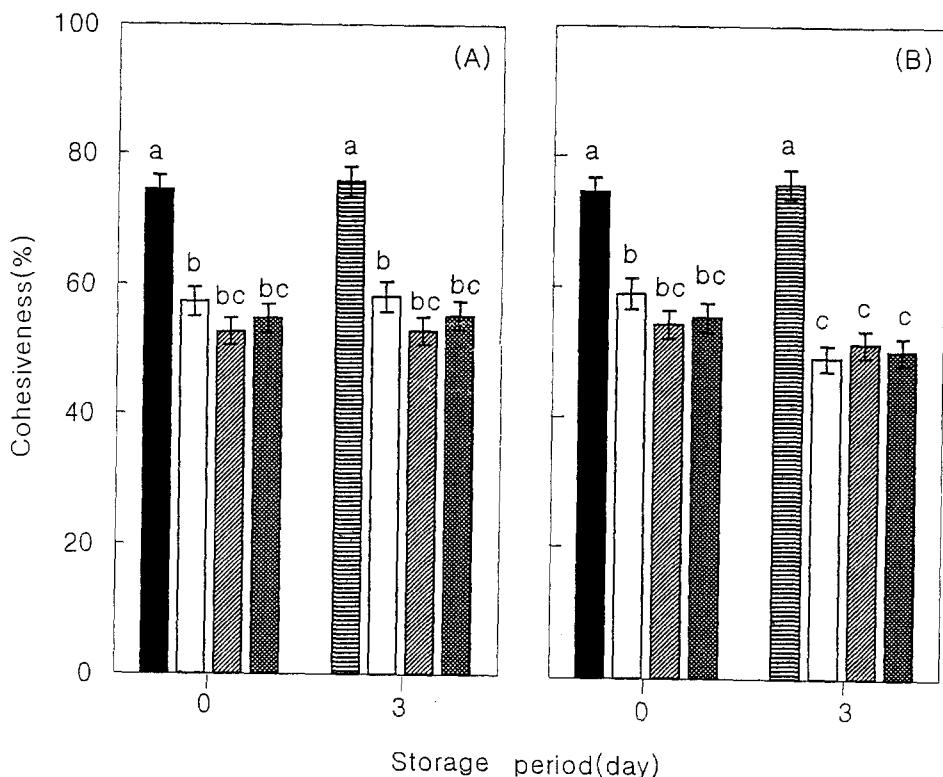


Fig. 3. Effect of rechilling at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ on cohesiveness of beef loin after open the vacuum pack or thawing.

(A) Stored at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ in vacuum package, (B) Stored at $-20\pm1^{\circ}\text{C}$ in air package

■ : Stored for 2 days postmortem(control), □ : Stored for 3 days after 2 days postmortem,

□ : Stored for 20 days, ▨ : Stored for 40 days, ■ : Stored for 60 days.

a~c) Superscripts are significantly difference($p<0.05$).

근원섬유의 소편화

근원섬유의 소편화는 근절을 연결하는 Z선과 thin filament의 접합부위가 약화되어 일어난다고 하였으며^(13,14), 그 정도는 육의 연도와 상관이 크다는 것이 인정되어 축성도의 지표로도 활용되고 있다^(11,15,16). 본 실험에서도 진공포장하에 냉장한 우육과 동결우육에 대한 연도를 가름하기 위하여 근원섬유의 소편화도를 측정하였다. 냉장육과 동결육을 20, 40 및 60일간 저장하면서 저장기간별로 근원섬유 소편화도를 측정한 것과 재냉장한 것의 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5의 (A)에서 보는 바와 같이 신선육의 근원섬유 소편화도는 32.5이었고, 진공포장하여 20일간 냉장한 것은 51.8로 증가하

여 유의적인 차이를 보였다. 그 후 40일과 60일째까지는 근원섬유 소편화도가 계속 증가하였으나 유의적인 차이는 아니었다. 그러므로 진공포장냉장육의 소편화는 냉장이 짧은 때에 크게 일어나고 있다고 판단되었다. 이 결과는 정동⁽¹⁷⁾이 냉장우육의 축성도 지표로 활용하기 위한 물리화학적 특성의 실험에서 얻은 결과와 일치하였다. 진공포장육의 포장을 개봉한 후 재냉장한 것은 20, 40 및 60일째에 모두 근원섬유의 소편화도가 현저히 높아졌다. 한편 동결육의 경우 20일째의 것은 신선육에 비해서 변화가 없었으나 40일과 60일째의 것은 소편화도가 향상되어 있었다. 이것은 해동할 때에 소편화가 일어난 것으로 생각된다. 동결육을 해동한 후 재냉장한 것은 동결기간에 관계없이 모

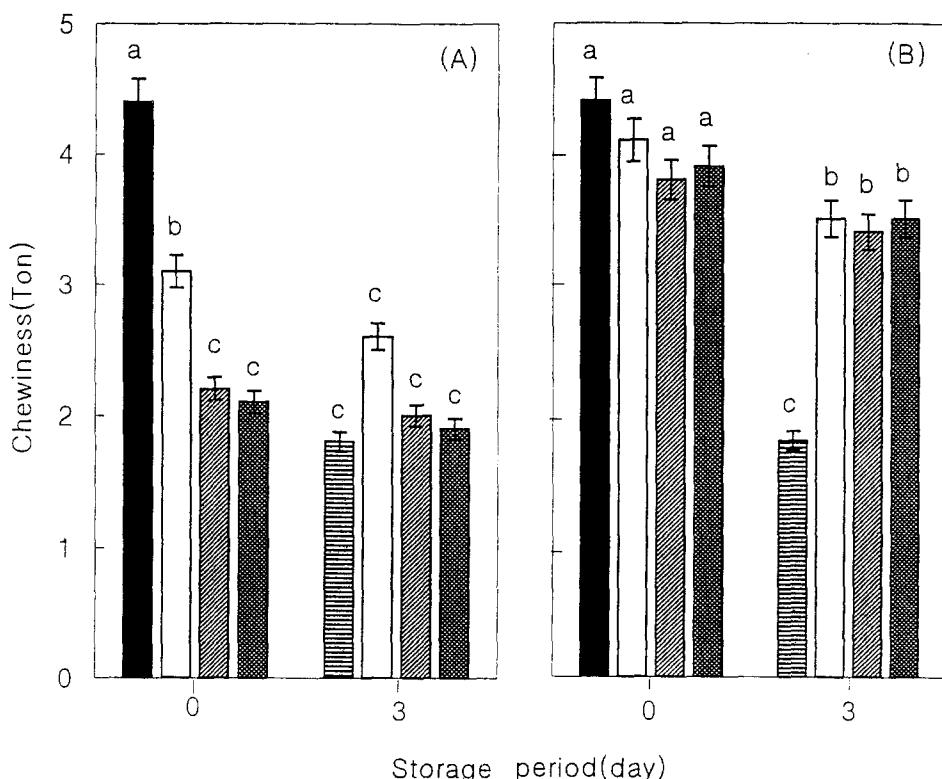


Fig. 4. Effect of rechilling at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ on Chewiness of beef loin after open the vacuum pack or thawing.

(A) Stored at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ in vacuum package, (B) Stored at $-20\pm1^{\circ}\text{C}$ in air package

■ : Stored for 2 days postmortem(control), ▨ : Stored for 3 days after 2 days postmortem,

□ : Stored for 20 days, ▨ : Stored for 40 days, ■ : Stored for 60 days.

a~c) Superscripts are significantly difference($p<0.05$).

두 근원섬유의 소편화도가 현저히 높아졌다. 이러한 결과들은 도축 후 사후강직된 우육이 완전히 해직되지 않은 상태에서 동결되어 해동 후에 해직현상이 계속되는데서 오는 것으로 그 현상은 저장온도 및 해동방법 등에서 차이가 있음을 반영한 것으로 여겨진다. 岡山 등⁽¹⁸⁾은 일본의 흑모화종 거세우의 퇴육을 포장하여 21일간 냉장할 때에 근원섬유 소편화율은 60% 이상으로 높아진다고 하였으며, 沖谷 등⁽⁵⁾은 -20°C 에서 14일까지 저장한 동결우육의 소편화율은 거의 변화가 없었으나 이것을 해동한 후 0°C 에서 저장하면 소편화율이 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서 얻은 결과로 진공포장냉장육은 산소가 부족한 상태에 있더라도 근원섬유가 계속 소편화되고 그 정도는 냉장초기

에 크게 일어나고 있다는 사실과 저장 20일째의 것은 냉장육이 동결육보다 재냉장에 의해서 소편화가 많이 진행되지만 40일 이상 저장한 것은 오히려 동결육의 소편화가 많이 진행되었음을 알 수 있었다.

요약

흘스타인(우, 248kg) 우육 동일개체의 등심 육을 2등분하여 한쪽은 염화비닐수지로 진공 포장하고, 다른 한쪽은 폴리에틸렌 필름으로 함기포장하였다. 진공포장한 것은 1°C 에 냉장(냉장육)하고 함기포장한 것은 -20°C 에 동결(동결육)하여 60일간 저장하면서 연도에 관련되는 물리화학적 특성의 변화양상을 비교하였

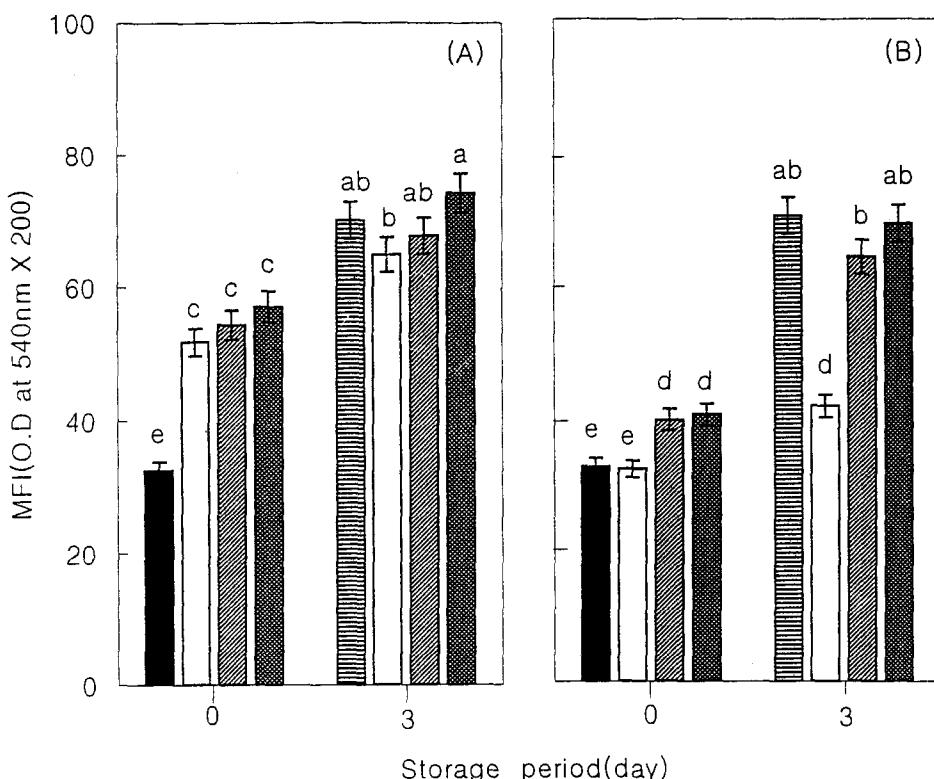


Fig. 5. Effect of rechilling at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ on myofibrillar fragmentation index (MFI) of beef loin after open the vacuum pack or thawing.

(A) Stored at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ in vacuum package, (B) Stored at $-20\pm1^{\circ}\text{C}$ in air package
■ : Stored for 2 days postmortem (control), ▨ : Stored for 3 days after 2 days postmortem,
□ : Stored for 20 days, ▨ : Stored for 40 days, ▨ : Stored for 60 days.
a~e) Superscripts are significantly difference ($p < 0.05$).

다. 또한 진공포장냉장육은 포장을 개봉한 후, 그리고 함기포장동결육은 해동한 후에 다시 1°C 에 재냉장하였을 경우 재냉장의 효과가 있는지를 20, 40 및 60일째에 비교 검토하였다. 우육의 경도와 저작성은 진공포장냉장육이 함기포장동결육보다 우수하였으며, 냉장육의 경우 40일째에 현저하게 향상되고, 동결육의 경우 60일까지 유의적인 변화를 보이지 않았다. 재냉장에 의하여 냉장육과 동결육의 연도와 소편화도는 모두 향상되었으며, 저장 20일째의 것은 냉장육이, 그리고 40일 및 60일째의 것은 동결육이 그 효과가 크게 나타났다.

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. Crouse, J. D. and Koohmaraie, M. : Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. *J. Food Sci.*, 55, 573 (1990).
3. 沖谷明紘 : 牛肉の熟成条件とフレーバーの生成. 日食工誌, 40, 535 (1993).
4. 松石昌典, 沖谷明紘 : 輸入牛肉の食味性. 日畜會報, 64, 171 (1993).
5. 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).
6. 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).
 7. Bendall, J. R. : *The structure and function of muscle*. Vol. 3ed. G.H. Bourne, Academic Press, New York, p. 227 (1960).
 8. SAS : SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC. (1988).
 9. Abban, A. R., Stouffer, J. R. and Westervelt, R. G. : Pre-rigor mechanical tensioning of lamb carcasses to improve tenderness. *J. Food Sci.*, 40, 1241 (1975).
 10. Duston, T. R., Yates, L. D., Adams, K. L. and Carpenter, Z. L. : Effects of high temperature on SDS gel patterns of myofibrillar proteins. *J. Anim. Sci.*, 43, 239 (1976).
 11. 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).
 12. Winger, R. J. and Fennema, O. : Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -30°C or 15°C. *J. Food Sci.*, 41, 1433 (1976).
 13. Takahashi, K., Fukazawa, T. and Yashi, T. : Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomers in chicken muscle. *J. Food Sci.*, 32, 409 (1967).
 14. 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 (1976).
 15. Davey, C. L. and Gilbert, K. V. : Studies in meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. *J. Food Sci.*, 34, 69 (1969).
 16. 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 (1973).
 17. 정인철, 김미숙, 신완철, 문윤희 : 냉장우육의 숙성도 지표로 활용하기 위한 물리화학적 특성. 한국식품영양과학회지, 26, 647 (1997).
 18. 岡山高秀, 鎌剣久繪, 中川成男, 山之上總, 西川勳, 光石直起, 小西喜八郎 : 黒毛和種腿肉の熟成中における物理・化學的變化. 日畜會報, 62, 178 (1991).

(1998년 9월 8일 접수)