

동결기간과 해동 후 냉장이 우육의 기호성에 미치는 영향

김미숙 · 양종범* · 문윤희

경성대학교 식품공학과, *동남보건대학 식품가공과

Effects of Freezing Period and Chilling Process after Thawing on the Palatability of Beef Loin

M. S. Kim, J. B. Yang* and Y. H. Moon

Department of Food Science and Technology, Kyungsoong University

*Department of Food Science and Technology, Dongnam Health College

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of freezing period and rechilling process after thawing on the palatability of beef. Beef loin was frozen at -20°C for 20, 40 and 60 days respectively, and they were rechilled at 1°C for 3 days after thawing, then the experiment, followed by sensory evaluation, was done on their shear force value(SFV), water holding capacity(WHC), and extractability and ATPase activity of actomyosin. The SFV of beef showed no change during freezing, and was reduced by rechilling after thawing. The WHC of beef got lower as the freezing period became longer, and it didn't show any significant difference by rechilling process. The extractability and ATPase activity of actomyosin got lower as the freezing period became longer, while they were increased by rechilling process. The palatability of rechilled beef was improved more as the freezing period became shorter. It was believed that the improvement of texture and aroma of cooked meat played an important role in the improvement of palatability by rechilling.

Key words : freezing period, post-thawing chilling, texture, palatability.

서 론

우육의 기호성은 우수한 조직감과 풍미가 형성되었을 때에 좋게 된다. 조직감은 주로 연도와 다즙성의 영향을 받고, 풍미는 후각으로 느껴지는 휘발성 성분에 의한 향과, 혀에서 느껴지는 수용성 성분에 의한 맛, 즉 향미에 의하여 크게 달라지게 된다. 우육의 기호성을 향상시키기 위해서는 도축 후 일정기간 숙성시키는 것이 바람직하나 숙성육은 곧 부패될 수 있기 때문에 오랫동안 저장하고자 하는 우육은 숙성 전에 동결하는 경우가 많다. 하지만 동결우육은 동결 중에 일어나는 건조와 지방산화 및 해동시의 드립 유출로 인한 풍미 전구물질의 손실과 다즙성 저하 등에 의하여 냉장우육보다

기호성이 나쁘게 된다^(1,2). 그래서 우육을 진공 포장하여 냉장함으로써 저장기간을 연장하고 숙성의 효과를 얻고 있으나 진공포장우육도 냉장상태에서는 동결육만큼 오랫동안 저장하는 것이 불가능하므로 아직도 동결우육이 많이 유통되고 있는 실정이다. 그러므로 동결우육의 기호성 향상을 위한 연구가 다각도로 이루어져야 하리라고 생각된다. 저자들은 동결우육을 해동한 직후의 것과 해동 후 다시 냉장(재냉장)한 것에 대하여 핵산 관련물질⁽³⁾, 비단백태 질소화합물⁽⁴⁾, 아미노산 함량⁽⁵⁾, 지방산 함량⁽⁶⁾, 근원섬유의 소편화도와 ATPase 활성⁽⁷⁾, 물리적인 특성⁽⁸⁻¹⁰⁾ 및 관능평가의 결과⁽¹¹⁾를 비교하여 재냉장에 의한 기호성 향상효과가 있음을 확인하였으며, 이 과정에서 재냉장에 의한 기호성 향상효과는 동결기간에 따라 달라지리라고 예상되었다. 본 연구에서는 우육을 동결한 후 20, 40 및 60일째에 해동한 것과 이것을 재냉장한 것에 대하여 전단력, 보수성, 액

Corresponding author : Y. H. Moon, Department of Food Science and Technology, Kyungsoong University, Pusan 608-736, Korea.

토미오신의 추출성과 ATPase 활성 그리고 관능평가의 결과를 비교하여 동결기간 및 재냉장이 우육의 기호성에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

도축 후 1일간 냉장한 홀스타인 등심육을 폴리에틸렌 필름으로 합기포장하여 -20°C 에서 동결한 후, 20, 40 및 60일째에 $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 자연 해동시킨 것과 이것을 다시 1°C 에서 3일간 냉장한 것을 시료로 사용하였다.

전단력가

전단력가의 측정은 근섬유와 평행하게 단면을 약 20×5 mm로 자른 뒤 rheometer (Model No. CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때 사용된 감압축은 전단응력용이었으며, 측정조건은 table speed 120 mm/min, chart speed 80 mm/sec, sample height 5 mm 그리고 load cell 1 kg으로 하였다.

보수성

보수성은 이와 성⁽¹²⁾의 방법에 따라 유리 원심관에 시료 15 g을 넣고 70°C 에서 30분간 가열한 후, 1,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 유리된 양을 측정하여 계산하였다.

액토미오신의 추출성과 ATPase 활성

액토미오신은 Weber-Edsall 용액으로 추출하였으며 ATPase 활성은 0.25 mg/ml의 액토미오신, 1 mM MgCl_2 , 1 mM ATP 및 25 mM Tris-HCl (pH 8.0)의 혼합액을 30°C 의 수욕조에서 반응시킨 후 최종농도 4%가 되도록 TCA를 첨가하여 반응을 정지시키고, 1 mg의 액토미오신에 의하여 유리되어 나오는 무기인산의 μmole 로 표시하였다⁽¹³⁾.

관능평가

가열육의 조리는 우육의 단면을 약 4×4 cm, 두께 약 1 cm 크기로 자르고 이것을 200°C 의 가열판 위에서 앞면을 120초, 뒤집어서 뒷면을 30초간 가열하였다. 가열육향은 입속에 넣기 전에 후각으로 평가하고, 맛은 후각을 차단한

상태에서 혀에서의 느낌으로, 텍스처는 입속에서 씹을 때의 질감의 정도로 그리고 종합적인 기호성은 먹을 때의 향, 맛 및 텍스처에 대하여 동시에 평가하였다. 5단계 기호척도법에 의한 관능평가는 미리 훈련받은 평가원 6명이, 2점 대비법에 의한 평가는 훈련을 받지 않은 평가원도 포함하여 실시하였다.

통계처리

통계분석은 SAS program⁽¹⁴⁾을 사용하여 다중검정법으로 처리구간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

전단력가와 보수성

가열한 우육의 조직감은 입에 넣어 씹을 때에 치아에서 느끼는 질기고 연한 정도와 혀와 입천장 상피세포에서 감지되는 다즙성 등 종합적인 감각으로 판단할 수 있다. 가열육의 조직감이 좋으려면 적당한 연도와 풍부한 다즙성이 있어야 하고, 이를 위해서는 생육의 연도와 보수성이 좋아야 하며, 동결육에서는 그 외에도 근원섬유단백질의 변성이 적어야 한다⁽¹⁵⁾. 도축 후 1일간 냉장한 도체의 등심부위를 -20°C 에서 동결하고 20, 40 및 60일째에 해동한 것과 이것을 재냉장한 것의 전단력가와 보수성을 Fig. 1에 나타내었다. 동결하지 않은 신선육과 동결 60일째에 해동한 육의 전단력가는 각각 566 g, 578 g으로 큰 차이를 보이지 않았고, 해동 후 재냉장하였을 때는 동결 20, 40 및 60일의 것이 각각 498 g, 513 g 및 526 g으로 재냉장을 하지 않았을 때보다 낮아져서 ($P<0.05$), 동결에 의하여 멈춰졌던 연화현상이 해동 후 냉장에 의하여 복원되고 있음을 알 수 있었다. 도축 후 우육을 동결하게 되면 액토미오신형 균기에 의한 연도변화 현상이 거의 없게 되지만, 해동 후에는 해동경직으로 질겨지거나 또는 숙성에 의해 연해지게 되는데 그 현상은 동결하지 않은 냉장육에 비해서 상당히 빨리 일어난다⁽¹⁶⁾. 동결기간에 관계없이 재냉장에 의하여 전단력가가 크게 낮아진 결과로 미루어 보아 재냉장은 해동육의 연도 개선으로 인한 조직감 향상에 효과가 있음을 알 수 있었다. 이 결과는 우육의 경도, 탄력성, 응집성 및 저작성에 대한

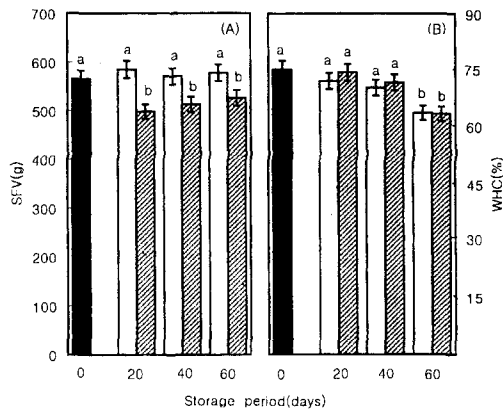


Fig. 1. Effects of storage period and rechilling process on the shear force value(A) and water holding capacity(B) of beef loin stored at -20°C.

■ : Stored for one day postmortem(control).
 □ : Unrechilled beef after thawing.
 ■ : Rechilled beef at 1°C for 3 days after thawing. Each point with a bar represents the mean±SD.
 a,b : Superscripts are significantly difference (p<0.05).

실험 결과와도 일치하였다^(8,9). 동결하기 전 신선육의 보수성은 75.3%이었으며, 동결기간이 길어지면서 점점 낮아져서 60일째에는 63.7%로 되어 유의적인 차이를 보였다(P<0.05). 그리고 동결 20일과 40일 후에 재냉장한 것은 보수성이 높아진 결과를 보였는데 이것은 단백질의 구조나 이온강도의 변화에 의한 결과로 생각되며⁽¹⁷⁾, 60일째에 재냉장한 것은 그러한 변화가 없는 편이어서 동결기간이 길수록 재냉장의 효과가 적음을 알 수 있었다.

액토미오신의 추출성과 Mg-ATPase 활성

근원섬유 단백질은 근장 단백질이나 육기질 단백질에 비하여 보수성에 크게 관여하는데, 특히 액토미오신은 보수성의 주체로 알려져 있다⁽¹⁸⁾. 근원섬유 단백질이 동결변성되면 육을 섭취할 때에 입 속의 느낌을 거칠게 하여 육의 조직감을 나쁘게 할 수 있다. 근원섬유 단백질 중에서 가장 변성하기 쉬운 미오신은 액틴과 결합하여 액토미오신이 되면 안정성이 있지만, 동결변성되면 ATP를 분해하는 기능이 변화되

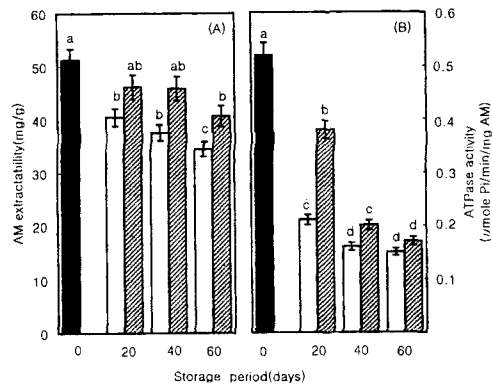


Fig. 2. Effects of storage period and rechilling process on the extractability(A) and Mg-ATPase activity(B) of actomyosin extracted from beef loin stored at -20°C. ATPase assay : 0.25 mg/ml actomyosin, 1mM MgCl₂, 1 mM ATP, 25 mM Tris-HCl(pH 8.0) and 0.02 M KCl.

■ : Stored for one day postmortem(control).
 □ : Unrechilled beef after thawing.
 ■ : Rechilled beef at 1°C for 3 days after thawing. Each point with a bar represents the mean±SD.
 a~d : Superscripts are significantly difference (p<0.05)

기 때문에 근원섬유단백질의 동결변성은 ATPase 활성의 변화로부터 판정이 가능하다. 동결기간별로 우육을 해동한 후 재냉장한 것과 재냉장하지 않은 것에서 액토미오신을 추출하고 그 추출성과 Mg-ATPase 활성을 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 액토미오신의 추출성은 신선육의 경우 51.3 mg/g이었고 동결기간이 길어지면서 점점 낮아졌는데 이것은 단백질의 변성 정도가 커지고 변성된 근장 단백질이 근원섬유 위를 덮게 된 때문이라고 생각한다. 재냉장에 의하여 액토미오신의 추출성은 높아졌는데 특히 동결 60일의 것은 유의적인 차이를 보였다(P<0.05). 한편 신선육에서 추출한 액토미오신의 Mg-ATPase 활성은 0.52 μmole Pi/min/mg AM이었고 동결 20, 40 및 60일의 것은 각각 0.21, 0.16 및 0.15 μmole Pi/min/mg AM으로 크게 낮아졌다(P<0.05). 그리고 동결 20일과 40일 후에 재냉장한 것은 0.38과 0.20 μmole Pi/min/mg AM으로 현저

히 높아졌으나 60일 후에 재냉장한 것은 큰 차이를 보이지 않아서 20일과 40일간 동결한 우육은 60일간 동결하였던 것에 비해서 해동 후 액토미오신 해리현상이 큰 것으로 생각된다. 이 실험 결과를 전단력가와 보수성의 결과와 종합하여 보면, 동결기간이 길어짐에 따라 근원섬유 단백질의 변성 정도가 커지고 이것은 보수성과 조직감에 영향을 주어 궁극적으로 가열육의 조직감을 나쁘게 하기 때문에 동결은 육의 기호성을 떨어뜨리는 하나의 요인이 된다는 것과, 해동 후 재냉장에 의한 조직감 향상효과는 동결기간에 따라 달리 나타날 수 있음을 알 수 있었다.

가열육의 기호성

동결 20, 40 및 60일째에 해동한 직후의 우육과 재냉장한 우육의 가열육향, 맛, 조직감 및 종합적인 기호성을 기호척도법에 의하여 평가하고 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 가열육향은 동결육이 동결 전의 신선육에 비하여 모두 나쁜 평가를 받았으며 ($P<0.05$), 동결기간에 따른 현저한 차이는 나타나지 않았다. 재냉장한 것은 재냉장하지 않은 것에 비하여 동결기간에 관계없이 모두 우수한 평가를 받았으며 동결 20일과 40일의 것은 유의적으로 우수하였다 ($P<0.05$). 후각을 차단한 상태에서 맛을 평가한 결과는 동결육과 신선육의 차이가 없는 편이었고, 동결기간에 따른 변화보다 재냉장에 의한 변화가 더 크게 나타났는데 동결 20일의 것보다 40일과 60일의 것이 큰 차이를 보였다. 조직감은 신선육에 비하여 동결육이 모두 나쁜 평가를 받았으며, 재냉장에 의하여 동결기간에 관계없이 모두 향상되었다 ($P<0.05$). 종합적인 기호성은 동결육이 신선육에 비하여 모두 나쁜 평가를 받았으며 특히 동결 60일의 것은 20일과 40일의 것보다 더 나쁜 평가를 받았다 ($P<0.05$). 재냉장에 의하여 동결 20일과 40일의 것은 기호성이 향상되어 신선육 수준의 점수를 받았고 60일의 것은 재냉장의 효과를 크게 얻지 못했다. 이 결과들로 미루어 보아 재냉장의 효과는 동결기간에 따라 다르다는 것을 알 수 있었다. 동결한 우육은 동결하지 않은 우육에 비하여 가열육향과 조직감이 나빠져 기호성이 떨어지게 되고, 열등한 기호성은 해동 후 재냉장에 의하여 향상시킬 수 있다는 결과는

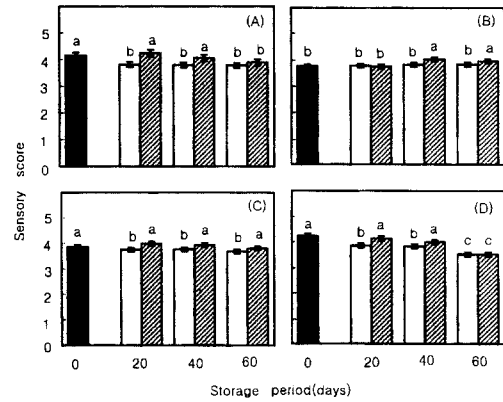


Fig. 3. Effects of storage period and rechilling process on the aroma(A), taste(B), texture(C) and palatability(D) of cooked meat prepared from beef loin stored at -20°C .

- : Stored for one day postmortem(control).
 - : Unrechilled beef after thawing.
 - ▨ : Rechilled beef at 1°C for 3 days after thawing. Each point with a bar represents the mean \pm SD.
- a~c : Superscripts are significantly difference ($p<0.05$)

沖谷 등⁽¹⁹⁾도 보고한 바가 있다.

동결기간별로 재냉장한 우육과 재냉장하지 않은 우육을 2점 대비법으로 평가한 결과를 Table 1에 나타내었다. 가열육향과 조직감은 동결기간에 관계없이 모두 재냉장한 것이 재냉장하지 않은 것보다 우수하다는 평가원이 많았으나 유의적인 차이가 아니었고, 종합적인 기호성은 동결 20일과 40일의 것은 재냉장한 것이 재냉장하지 않은 것에 비하여 현저하게 우수하였고 ($P<0.05$), 60일의 것도 유의적인 차이는 아니지만 재냉장한 것이 우수하였다. 이 결과는 기호척도법으로 평가한 결과와 일치하는 것으로, 동결육을 해동한 후 재냉장하면 기호성이 향상된다는 것을 다시 확인하였다.

해동한 후 재냉장한 우육의 기호성에 대하여 가열육향, 맛, 조직감 및 물리적인 전단력가의 상관관계를 Table 2에 나타내었다. 동결 20일째에 해동한 우육은 가열육향($r=0.87^{**}$), 조직감($r=0.83^{**}$) 및 전단력가($r=0.84^{**}$)가 높은 상관관계를 보이고, 40일째의 우육도 가열육향($r=0.51^{*}$), 조직감($r=0.77^{**}$) 및 전단력가

Table 1. Comparison of sensory characteristics of the rechilled and unrechilled beef after thawing

Freezing days	Sensory characteristics	Unrechilled beef	Rechilled beef ¹⁾	Difference
20	Aroma	36 ²⁾	50	NS
	Taste	37	49	NS
	Texture	35	51	NS
	Palatability	33	53	*
40	Aroma	37	45	NS
	Taste	43	39	NS
	Texture	35	47	NS
	Palatability	29	53	*
60	Aroma	37	45	NS
	Taste	39	43	NS
	Texture	36	46	NS
	Palatability	33	49	NS

¹⁾ Rechilled beef after thawing were stored more 3 days than various storage period.

²⁾ Numbers of sample judged to be preferable.

NS : not significant, * : P<0.05.

Table 2. Correlation coefficients between palatability and various characteristics of chilled beef loin after thawing

Freezing days	Sensory characteristics			Shear force value
	Aroma	Taste	Texture	
20	0.87**	0.45	0.83**	0.84**
40	0.51*	0.33	0.77**	0.75**
60	0.32	0.24	0.45	0.34

* P<0.05, ** P<0.01.

($r=0.75^{**}$)가 현저한 상관관계를 보였으며, 60일째의 우육은 어느 것도 유의적인 상관관계를 보이지 않아서 동결기간이 짧을수록 상관관계가 크게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 결과들을 종합하여 볼 때에 동결우육은 동결기간이 길어질수록 기호성이 저하되지만, 해동 후 재냉장에 의하여 기호성이 향상될 수 있으며 그 기호성 향상효과는 가열육향과 조직감이 크게 관여하며, 동결기간에 따라 그 효과의 정도가 다르게 나타남을 알 수 있었다.

요 약

동결기간과 해동 후 재냉장이 우육의 기호성에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 도축 후 1

일간 냉장한 홀스타인 등심육을 -20°C 에 동결하여 20, 40 및 60일째에 해동한 것과 이것을 1°C 에 재냉장한 것의 전단력, 보수성, 액토미오신의 추출성과 ATPase 활성에 대한 실험과 함께 관능평가를 실시하였다. 우육의 전단력은 동결 중 변화가 없었으며 해동 후 재냉장에 의하여 낮아졌다. 보수성은 동결기간이 길수록 낮아지고 재냉장에 의한 유의적인 차이를 보이지 않았다. 액토미오신의 추출성과 Mg-ATPase 활성은 동결기간이 길수록 낮아지고 재냉장에 의하여 높아지는 경향을 보였다. 재냉장에 의한 기호성 향상효과는 동결기간이 짧을수록 크게 나타났다. 재냉장에 의하여 기호성이 우수하게 된 것은 조직감과 가열육향의 향상이 크게 관련되었다.

참고문헌

1. 山内 清 : 肉·肉製品の脂質酸化とwarmed-over flavor. 肉の科學, 28, 165 (1987).
2. 山内 清 : 食肉および食肉製品の脂質酸化. 肉の科學, 33, 3 (1992).
3. 정인철, 김미숙, 임채원, 문귀입, 차인호, 권혁동, 문윤희 : 냉장에 의한 해동 홀스타인 안심육의 기호성 향상. 한국식품영양과학회지, 25, 637 (1996).
4. 김미숙, 정인철, 문윤희 : 저장기간별 진공포장 냉장우육과 동결우육의 기호성 비교. 한국축산식품학회지 20, 192 (2000).
5. 김미숙, 양종범, 문윤희 : 해동 후 냉장이 쇠고기의 유리아미노산 함량에 미치는 영향. 한국축산식품학회지, 19, 234 (1999).
6. 정인철, 김명준, 문윤희 : 냉장, 동결 및 해동후 재냉장이 소등심육의 지질 및 지방산 조성에 미치는 영향. 한국축산식품학회지, 16, 213 (1996).
7. 정인철, 문윤희 : 수입 동결우육 안심의 해동후 냉장 중 물리화학적 성질과 기호성의 변화. 한국축산식품학회지, 15, 156 (1995).
8. 문귀입, 정인철, 문윤희 : 해동후 냉장한 우육의 물리화학적 특성 및 기호성. 한국축산식품학회지, 14, 85 (1994).
9. 문윤희, 정인철 : 동결 해동후 냉장한 소안심육의 숙성도 지표에 관한 연구. 한국축산식품학회지, 15, 150 (1995).
10. 김미숙, 문윤희 : 냉장 또는 동결우육에 있어서 저장기간과 재냉장이 연도에 미치는 영향. 한국축산식품학회지, 18, 216 (1998).
11. 문윤희, 정인철, 김미숙 : 진공포장, 합기포장 및 동결한 소안심육의 기호성에 관한 연구. 한국축산식품학회지, 16, 155 (1996).
12. 이유방, 성삼경 : 식육과 육제품의 분석실험. 선진문화사, 서울, p.128 (1983).
13. 문윤희, 황철성, 양용 : Actomyosin에 대한 비교 생화학적 연구. 한국축산학회지, 26, 68 (1984).
14. SAS : SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC., (1988).
15. 沖谷明紘 : 肉の科學, 朝倉書店, p.62 (1996).
16. Newbold, R.P. and Harris, R.W. : Effect of prerigor changes on meat tenderness. *J. Food Sci.*, 37, 337 (1972).
17. Wu, F.Y. and Smith, S.B. : Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. *J. Anim. Sci.*, 65, 597 (1987).
18. Hamm, R. : Water-holding capacity of meat. In *Meat* eds by Cole, D.J.A. and Lawrie, R.A., Butterworth, London, p.32 (1975).
19. 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).

(2000년 7월 13일 접수)