

진공포장한 소등심육의 냉장저장중 이화학적, 관능적 특성의 변화

문윤희 · 홍대진 · 김미숙 · 정인철*†

경성대학교 식품공학과

*대구공업전문대학 식품공학과

Changes of Physicochemical and Sensory Characteristics in Vacuum-Packaged Beef Loin during Cold Storage Time

Yoon-Hee Moon, Dae-Jin Hong, Mi-Sook Kim and In-Chul Jung*†

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

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

Abstract

This study was carried out to investigate the changes of physicochemical and sensory characteristics according to cold storage period of the vacuum-time beef loin. The pH was decreased for 10 days, and then was increased gradually during storage time. The lactic acid content during the initial storage was 483mg/100g, after storage for 10 days it was increased significantly ($p < 0.05$) to 625mg/100g, and then was decreased with storage time. Regarding of color difference, the L values were 41.0~42.5, but after storage for 40 days they were increased significantly ($p < 0.05$) to 46.2, the a and b values were 17.3~14.3 and 7.2~5.8, respectively, they were no significant differences depending on storage time. The shear force values showed 584 and 560g for 0 and 10 days, respectively but after storage for 20 days it was decreased significantly ($p < 0.05$) to 299g. The myofibrillar protein extractability was no significant difference for 20 days, however, it was increased remarkably at 30 days ($p < 0.05$). The myofibrillar fragmentation index was increased significantly ($p < 0.05$) on 20 and 40 days, and the Mg-ATPase activity of myofibrils was increased to 30 days. The free amino acid was increased during storage periods. The composition of amino acid was composed of glutamic acid, alanine, valine and lysine, which were predominant amino acids as 45%. The total free amino acid was increased 182.18mg/100g to 40 days. The raw meat aroma showed no significant changes during storage time, but the tenderness was increased until 30 days ($p < 0.05$). The color was superior from 20 to 30 days. The taste of cooked meat indicated significant change to 30 days, but was significantly inferior ($p < 0.05$) at 40 days, the aroma was superior until 30 days ($p < 0.05$). The palatability was superior between 20 and 30 days.

Key words: cold storage, vacuum-package, physicochemical and sensory characteristics

서 론

우육을 장기간 저장하기 위해서 동결법이 주로 이용되고 있으며 이 경우에 동결방법, 동결중의 온도변화, 해동 후의 품질관리 등이 육의 품질에 영향을 미치게 된다. 동결에 의한 품질의 저하를 방지하기 위해서 사용되는 것이 냉장에 의한 저장이지만 냉장은 지방산화, 저온세균 및 호기성 미생물에 의한 부패 등으로 저장기간이 짧은 단점이 있다. 이런 단점을 보완하기 위해서 우육을 진공포장하여 유통하고 있으며 이 방법은 산소의 차단으로 산화에 의한 지방산패나 호기성 미생물의

발육억제로 저장기간을 연장시킬 수 있다. 그러나 진공포장에 의한 산소의 부족으로 생육향 생성이 억제되어 기호성 향상의 속도가 늦어지게 된다(1).

우육은 도살 후 ATP가 소실되고 pH가 저하하면서 사후경직이 발생하여 경도가 높아지고 질겨지게 된다. 그 후 저장기간이 경과하면서 자기산화에 의해 경직된 근육이 풀리면서 경도는 도살 직후와 같이 연하여지며 보수성도 회복되고 풍미도 향상되는데(2-4), 진공포장한 우육은 산소의 차단으로 유리아미노산이나 ATP 관련물질의 함량 변화에 다소 영향을 미친다(1). 우육을 냉장하면서 이화학적·관능적 특성에 관하여 연구한 결

† To whom all correspondence should be addressed

과들은 많이 보고되고 있다. 즉, 우육을 냉장시켰을 때에 전단력가의 감소(5,6), 근원섬유 소편화율의 증가(7, 8), 근원섬유 내의 troponin-T의 소실과 30KD 성분의 출현(9,10), ATPase활성의 변화(11,12) 및 근결집의 이완(13) 등이 보고되고 있다. 그러나 우육을 진공포장하여 장기간 동안 냉장하면서 연구한 것은 드문 실정이다.

본 연구에서는 진공포장한 상태의 우육이 냉장되는 동안 이화학적·관능적 특성에 어떤 영향을 미치는가를 밝히기 위하여 소등심육을 진공포장하고 냉장하면서 얻은 근원섬유단백질의 특성, 유리아미노산 및 유산함량의 변화에 대하여 연구하였으며 아울러 저장중 관능적 특성의 변화에 대하여도 검토하였기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 우육은 태강산업(경남 김해소재)에서 도축한 홀스타인(우, 도체중량 248kg, 약 48월령)으로서 도축 후 24시간 지난 것을 구입하여 그 등심육을 500g씩 진공포장(760mmHg_{vac})하고 2±1°C에서 저장하면서 실험에 이용하였다.

pH, 유산 및 색도

pH는 pH meter(DP-135M, Dongwoo Medical, Korea)로 측정하였다. 유산의 측정은 소등심육 10g에 증류수 25ml를 가하고 15,000rpm에서 20분간 원심분리하는 조작을 2회 반복하여 얻어진 상등액을 Sep-Pak C₁₈로 여과시키고, 여액 10ml를 양이온 교환칼럼(4g Dowex 50 W-x8, 50-80mesh, H⁺ form)에 통과시켜 증류수로 세척하여 전체량을 50ml로 하였다. HPLC에 주입하기 전에 이 용액을 0.45μm millipore filter로써 여과한 다음 기포를 제거하였다. HPLC를 이용한 유산의 분석을 위해서 column은 Radial-Pak C₁₈ cartridge(100×8mm i.d.)를, solvent는 0.2M KH₂PO₄(pH 2.4)를 사용하였으며, flow rate는 2.5ml/min, chart speed는 1cm/min로 하였다. Injection volume은 3μl이었으며, 표준 유산의 농도는 0.1%를 사용하였다(14). 색도는 색차계(CR-200b, Minolta Camera Co., Japan)를 사용하여 Hunter scale에 의한 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도)로 나타내었다.

전단력가, 근원섬유단백질의 추출성 및 근원섬유 소편화도의 측정

생육의 전단력가는 소등심육을 근섬유와 평행하게

가로×세로×높이를 40×15×5mm로 자른 즉시 rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며, rheometer의 측정조건은 table speed 120mm/min, chart speed 80mm/sec, sample height 5 mm 그리고 load cell 1kg으로 하여 측정하였다. 근원섬유단백질의 추출성은 Yang 등(12)의 방법을 이용하여 측정하였다. 그리고 근원섬유의 소편화도는 Culler 등(15)의 방법에 준하였다.

근원섬유의 Mg-ATPase활성 측정

근원섬유의 Mg-ATPase활성의 측정은 0.25mg/ml의 근원섬유, 2mM MgCl₂, 1mM ATP, 20mM Tris-HCl buffer(pH 8.0)의 혼합액을 30°C water bath에서 5분간 반응시켰으며 반응은 최종 농도 4% trichloroacetic acid용액을 첨가하여 ice bath상에서 정지시켰다. ATPase활성은 1mg의 근원섬유단백질에 의해서 1분간 유리되어 나오는 무기인산(Pi)의 양을 μmole로 표시하였다(16).

유리아미노산의 정량

유리아미노산의 분석은 소등심육에 75% ethanol 100 ml를 넣고 30분간 진탕시킨 후 7,000×g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취하고 남은 잔사에 75% ethanol 50ml로 원심분리하고 앞에서 얻어진 상등액과 함께 45°C 이하의 온도에서 감압농축하여 ethanol을 제거하였다. 이 여액에 25% trichloroacetic acid(TCA) 20ml를 넣어 단백질을 제거하고 ethyl ether로서 여액중의 TCA를 제거한 다음 남아있는 상등액층을 45°C 이하의 온도에서 감압농축하여 ethyl ether를 제거하였다. 그리고 ethyl ether를 제거한 후 Amberlite IR120(H⁺) 수지가 충전된 칼럼을 통과시켜 아미노산을 흡착시킨 후 loading buffer용액(0.2N sodium citrate, pH 2.2)으로 용리시켜 전체량이 20ml가 되게한 다음 membrane filter(pore size 0.2μm)로 여과하여 아미노산 자동분석기(Alpha plus, Pharmacia LKB, Sweden)를 이용하였다. 아미노산 자동분석기의 분석조건으로서 column은 sodium 4151 series II(200×4.6mm)를, resin은 sodium cation exchange resin을, buffer flow rate는 15ml/min, N₂ gas pressure는 0.2bar로 하였으며 injection volume은 40 μl이었다(17).

관능검사 및 통계처리

관능검사는 생육의 경우 향기, 연도 및 색을, 가열육은 맛, 향기, 텍스처 및 기호성을 선발된 11명의 검사요

원에 의하여 실시하였다. 생육의 연도는 손으로 잡아당겨보고 판단하였다. 가열육의 조리는 시료의 단면을 약 4×4cm, 두께 약 1cm로 절단하고 200°C의 가열판 위에서 앞면을 120초, 뒤집어서 뒷면을 30초간 가열하여 가장 종다를 9점, 가장 나쁘다를 1점으로 하는 9점 기호척도법으로 평가하였다(11). 통계적인 유의성검정은 SAS/PC로 GLM을 사용하였으며 Duncan의 다중범위검정으로 처리하여 LSD(유의수준 0.05)를 구하였다(18).

결과 및 고찰

pH, 유산함량 및 색도의 변화

소등심육을 진공포장한 후 2°C에서 40일간 저장하면서 경시적으로 pH, 유산 함량 및 색도의 변화를 관찰하고 그 결과를 Table 1에 나타내었다. pH는 10일까지 낮아지다가 10일 이후에는 증가하여서 저장 20일에는 pH 5.47, 그리고 40일에는 pH 5.71로 증가하였다. 그러므로 본 실험에 이용된 소등심육은 진공포장하여 10일에서 20일간 냉장할 때까지 글리코젠이나 ATP가 완전 고갈되고 있음을 시사하여 주었다. 축육은 도살되자마자 혈액공급이 중단되기 때문에 근세포로 산소공급이 중단되고 근세포는 혐기상태로 된다. 근세포가 혐기상태로 되면 해당작용에 의하여 유산을 생성하게 되어 pH는 낮아지고 시간이 지나면 염기성 물질이 생성되어 pH는 다시 상승하게 된다. 이와 같은 pH의 하락과 상승의 속도는 저장조건에 따라서 달라진다고 하였다(19).

저장 초기의 유산 함량은 483mg/100g이던 것이 10일에는 625mg/100g으로 증가하였다가 20일부터 감소하기 시작하여 40일에는 475mg/100g을 나타내었다. 이 결과에서 유산의 함량이 10일째 최고치를 나타내었다가 그 이후 감소하는 경향은 pH의 변화양상과 뚜렷한 연관성이 있음을 시사하였다. Nishimura 등(20)은 우육을 4°C에서 저장할 때에 유산 함량이 4일째 4.71mg/g이던 것이 12일 저장 후에는 4.10mg/g으로 낮아졌다고

하였으며, Bodwell 등(21)은 도살 직후 우육의 유산 함량이 13μmole/g이던 것이 48시간만에 6.5배로 증가하여 유산의 생성과 감소는 저장온도에 영향을 받으며, 본 실험결과에 의하면 진공포장도 유산의 함량 변화에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

진공포장한 소등심육의 표면색도는 40일간 저장하였을 경우 L값(명도)은 저장 30일까지 변화가 없다가 40일째에 증가하는 경향이였다. 그러나 적색도를 나타내는 a값과 황색도를 나타내는 b값은 저장 40일까지 현저한 변화를 보이지 않았다. 식육의 색깔은 주로 myoglobin에 의해서 발현되며 산소를 함유하게 되면 oxymyoglobin이 되어 보기 좋은 육색을 나타낸다(22). Fu 등(23)은 우육을 7주일간 냉장할 때에 진공포장한 것이 산소를 함유한 가스혼합체에 저장한 것보다 L 및 b값이 낮다고한 결과를 볼 때에 진공포장육은 산소의 차단으로 oxymyoglobin의 형성이 지연되어 명도가 낮았으며 냉장중에 포장지내로 서서히 투과한 미량의 산소에 의해서 40일째에 명도가 높아진 것으로 판단된다.

전단력, 근원섬유단백질의 추출성 및 소편화도의 변화

진공포장한 소등심육을 40일간 냉장하면서 냉장 중의 전단력, 근원섬유단백질의 추출성 및 소편화도의 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 전단력가는 저장 초기 584g이던 것이 20일째에는 299g으로 감소하는 경향이였다. 根岸 등(24)은 2°C에서 31일간 저장한 우육안심의 전단력가가 11일까지는 현저하게 감소하지만 14일 이후부터는 거의 일정한 값을 나타내었다고 하였으며, Smith 등(25)은 우육등심을 1°C에서 28일간 저장할 때에 최적의 연화상태는 11~14일이었다고 하여서 본 실험결과보다 전단력가의 감소가 빨리 일어났다. 이러한 차이는 본 실험에 이용된 등심육이 진공포장되어서 근육의 조직을 약화시키는 이화학적 반응 및 효소 활성이 억제되기 때문인 것으로 생각된다.

Table 1. Changes in pH, lactic acid(mg/100g), Hunter L, a and b value of the vacuum-packaged beef loin during cold storage

Traits	Storage time(days)				
	0	10	20	30	40
pH(n=3)	5.64±0.04 ^{ab}	5.42±0.04 ^c	5.47±0.07 ^c	5.58±0.04 ^{bc}	5.71±0.09 ^a
Lactic acid(n=3)	483±20 ^c	625±20 ^a	532±15 ^b	496±21 ^c	475±6 ^c
L(n=5)	42.5±1.2 ^b	41.7±1.9 ^b	41.0±1.5 ^b	42.4±1.5 ^b	46.2±3.3 ^a
a(n=5)	17.3±2.8	16.6±1.8	16.6±2.2	14.7±4.6	14.3±4.1
b(n=5)	7.2±1.3	5.9±1.3	6.4±1.1	6.3±2.0	5.8±2.1

Mean±S.D.

^{a-c}The mean values with the different superscripts in a row are significantly different(p<0.05).

Table 2. Changes in shear force value(SFV), myofibrillar protein extractability(MPE) and myofibrillar fragmentation index(MFI) of vacuum-packaged beef loin during cold storage

Traits	Storage time(days)				
	0	10	20	30	40
SFV(g, n=5)	584±112 ^a	560±46 ^a	299±78 ^b	294±96 ^b	254±36 ^b
MPE(mg/g, n=3)	29.10±1.87 ^b	24.30±2.60 ^b	29.73±3.76 ^b	40.67±4.22 ^a	40.07±4.41 ^a
MFI(n=3)	32.77±4.05 ^c	36.43±3.72 ^c	53.30±5.01 ^b	60.50±6.22 ^b	70.60±7.40 ^a

Mean±S.D.

^{a-c}The mean values with the different superscripts in a row are significantly different(p<0.05).

근원섬유단백질의 추출성은 저장 20일까지 29.10~29.73mg/g으로 변화를 보이지 않았으나 30일부터 40.67mg/g으로 증가하였다. Locker(26)는 우육의 근원섬유단백질의 추출성이 사후경직 상태에서 감소하고 그 후 숙성시킴으로서 다시 증가하여 경직 전의 수준을 회복한다고 하였다. 본 실험에서도 진공상태로 저장하였지만 숙성에 의해 근원섬유단백질의 추출성이 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

근원섬유의 소편화도는 저장 10일까지 변화를 보이지 않다가 저장 20일 이후부터 증가하여 40일에는 70.60을 나타내었다. 이것은 진공포장하여 냉장되는 우육은 rigor toughness가 차차 소멸되고 있음을 알 수 있었으며, 진공포장육도 냉장중에 근원섬유의 Z-line이 계속 위약화되고 있기 때문이라고 여겨진다. Takahashi 등(7)은 근원섬유의 근절을 연결하고 있는 Z-line과 thin-filament의 접합부위가 숙성중에 약화되고, 소편화가 많이 진행된 식육은 연하게 된다고 하였다.

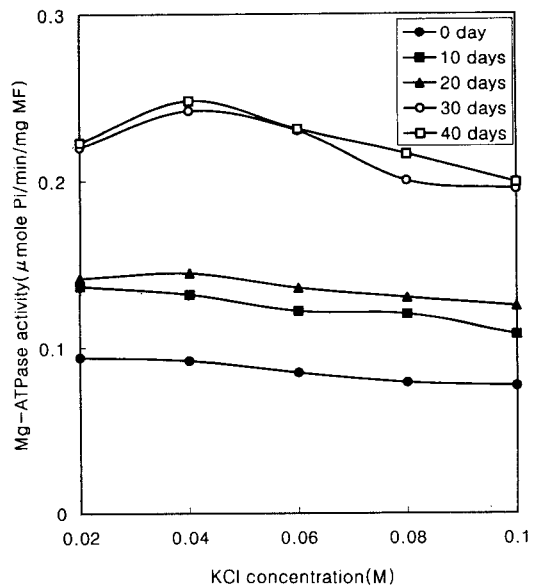
근원섬유의 Mg-ATPase활성의 변화

진공포장육을 2°C에서 40일간 저장하면서 경시적으로 근원섬유를 조제하고 그 근원섬유가 가지고 있는 ATP 분해능력을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. Mg-ATPase활성은 저장 30일까지 계속 증가하였고 그 이후에는 거의 변화가 없었다. 이와 같은 결과는 ATP를 분해하는 myosin이 냉장 30일까지 많이 혼입되고 있거나 또는 30일 이후부터는 myosin 이외의 조절단백질들이 많이 추출되고 있음을 알 수 있다. 근원섬유의 구조가 바뀌면 Mg-ATPase활성이 변화하며(12), 이런 변화는 troponin-tropomyosin complex의 함량 차이에서 오는 결과로 추정하고 있기 때문에(27) 냉장기간의 경과와 함께 근원섬유의 Mg-ATPase활성이 높아지고 있는 것은 육의 연도향상과 관련이 있다.

유리아미노산의 함량 변화

Table 3은 진공포장한 소등심육을 냉장하면서 유리

아미노산의 변화를 측정된 결과이다. 총 유리아미노산은 저장기간이 경과하면서 증가하여 40일에는 182.18mg/100g을 나타내었다. 특히 glutamic acid, alanine, valine 및 lysine은 저장 초기에 각각 21.44, 6.57, 3.94 및 13.59 mg/100g이던 것이 냉장 40일째에 각각 39.01, 13.12, 6.34 및 23.47mg/100g으로 많이 증가하고 있다, 이러한 결과들은 냉장 중에 진공포장육의 기호성을 향상시키는 원인이 될 것으로 판단된다. Field 등(28)은 우육을 저장하였을 때에 glutamic acid, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine 및 arginine을 포함한 대부분의 아미노산이 증가하였다고 하여 본 실험결과와 유사하였다.

**Fig. 1. Changes in Mg-ATPase activities of myofibrils at various KCl concentrations during cold storage of beef loin.**

Mg-ATPase activity was measured by the assay of myofibril(0.25mg/ml) with 1mM ATP in 20mM Tris-HCl buffer(pH 8.0) containing 2mM MgCl₂ and various concentration of KCl indicated at 25°C for 5min.

Table 3. Changes in free amino acids of vacuum-packaged beef loin during cold storage (mg/100g)

Amino acids	Storage time(days)				
	0	10	20	30	40
Asp	12.98	13.44	14.28	14.92	15.01
Thr	3.92	4.25	4.73	5.45	5.49
Ser	6.42	6.98	8.56	10.05	10.36
Glu	21.44	24.12	30.12	38.17	39.01
Gly	4.98	5.38	5.49	5.77	5.92
Ala	6.57	8.25	10.54	12.59	13.12
Val	3.94	4.17	5.97	6.12	6.34
Cys	1.09	1.14	2.01	2.05	2.07
Met	4.29	4.54	5.43	5.76	5.98
Ile	5.37	5.61	6.12	6.42	6.55
Leu	11.88	12.18	13.59	13.84	13.91
Tyr	5.97	6.13	6.77	6.95	7.01
Phe	7.58	7.67	8.03	8.27	8.32
Lys	13.59	15.35	18.21	21.05	23.47
His	3.92	4.09	4.65	4.98	5.02
Arg	10.14	10.52	11.07	11.42	11.51
Pro	2.09	2.25	2.98	3.05	3.09
Total	126.17	136.07	158.55	176.86	182.18

관능적 특성의 변화

진공포장하여 냉장한 소등심육의 생육 및 가열육의 관능적 특성을 Table 4에 나타내었다. 생육향기의 경우 전저장기간 동안 뚜렷한 차이는 없었으며, 연도는 20일부터 높아졌고, 색깔의 변화는 20일 이후부터 좋아지다가 저장 40일에는 나빠지는 경향이였다. 沖谷 등(1)은 진공포장은 우육의 생육 향기 생성을 억제시킨다고 하였는데 본 실험에서도 같은 결과를 나타내었다. 그러나 연도는 저장기간이 경과하면서 다소 향상되고 있는 점으로 미루어 보아 진공포장하여 냉장할 때에 기호성이 열등하여지는 원인은 연도보다도 풍미에 있을 것으로 판단되었다.

Table 4. Changes in sensory score of vacuum-packaged beef loin during cold storage

Traits	Storage time(days)				
	0	10	20	30	40
Raw meat					
Aroma	5.4±1.4	5.5±1.4	5.7±1.5	5.6±1.2	4.7±1.6
Tenderness	4.9±1.2 ^b	5.1±1.5 ^b	5.6±1.1 ^{ab}	6.7±1.4 ^a	6.6±1.4 ^a
Color	4.5±1.9 ^b	5.1±1.0 ^b	6.9±1.1 ^a	6.6±0.9 ^{ab}	4.7±2.0 ^b
Cooked meat					
Taste	5.9±0.9 ^a	6.1±1.2 ^a	6.4±0.5 ^a	6.5±0.5 ^a	4.1±1.6 ^b
Aroma	5.7±1.2 ^c	5.8±1.5 ^{bc}	6.7±0.9 ^{ab}	7.1±0.5 ^a	5.9±1.3 ^{bc}
Texture	5.5±1.4 ^c	5.7±1.3 ^{bc}	6.7±1.4 ^{ab}	7.5±0.7 ^a	6.0±1.2 ^{bc}
Palatability	5.7±1.1 ^b	5.8±1.2 ^b	6.3±1.0 ^{ab}	6.8±0.8 ^a	4.2±1.5 ^{bc}

Mean±S.D.(n=11)

The value of 1 is dislike extremely, 5 is neither like nor dislike, and 9 is like extremely

^{a-c}The mean values with the different superscripts in a row are significantly different(p<0.05)

가열육의 맛은 30일까지 뚜렷한 변화가 없었으나 40일째에 떨어졌으며, 가열육의 향기는 저장 30일까지 우수하여졌다. 그리고 텍스처와 종합적인 기호성은 30일째에 최적의 상태를 나타내어 진공포장한 소등심육을 2°C에서 냉장할 경우 저장 20일에서 30일 사이에 이용하는 것이 좋은 것으로 판단되었다. 문 등(29)은 저장되는 우육의 기호성이 맛성분보다도 연도와 향기성분이 크게 관여하고, 가열육의 향기는 생육의 향기가 좋으면서 기인되며 생육의 향기 생성에는 산소가 필요하다고 하였다. 그러므로 진공포장한 우육은 산소 부족으로 인한 생육 향기의 생성이 모자라서 기호성이 열등하여지는 것으로 생각할 수 있다.

결론적으로 진공포장하여 냉장되는 우육은 냉장기간이 길어지면서 숙성이 되지만 숙성과정에서 얻을 수 있는 연도, 맛 그리고 향기의 향상이 부족하여 기호성이 열등하여진다고 판단되었다.

요 약

홀스타인(우) 등심육을 진공포장하여 2°C에서 냉장하면서 이화학적·관능적 특성에 대하여 검토하였다. 진공포장한 우육의 pH는 5.64였고 냉장 10일에 pH 5.42로 낮아졌다가 20일 이후부터는 상승하였다. 유산 함량은 483mg/100g에서 냉장 10일에 625mg/100g으로 현저하게(p<0.05) 증가하였다가 20일 이후부터는 저장기간에 따라 감소하였다. 표면색도의 경우 L값은 냉장 30일까지 41.0~42.5였으나 40일에는 46.2로 증가되었고(p<0.05), a와 b값은 40일까지 각각 17.3~14.3과 7.2~5.8 정도였으며 저장기간에 유의성은 없었다. 진공포장육의 전단력가는 584g이었던 것이 냉장 10일에 560g으로 낮아지고 냉장 20일에 299g으로 크게 낮아졌으며(p<

0.05) 그 이후는 유의적인 변화를 보이지 않았다. 근원섬유단백질의 추출성은 저장 20일까지는 뚜렷한 변화를 보이지 않다가 저장 30일부터 현저하게($p < 0.05$) 증가하였으며, 근원섬유의 소편화도는 저장 20일째와 40일째에 현저한($p < 0.05$) 증가를 보였다. 그리고 근원섬유 Mg-ATPase활성은 30일까지 증가하였다. 저장기간 중에 유리아미노산은 증가하였으며, 특히 glutamic acid, alanine, valine 및 lysine이 전체 유리아미노산의 45%를 차지하였고, 총 유리아미노산의 함량도 저장 초기 126.17mg/100g이던 것이 저장 40일에는 182.18mg/100g으로 증가하였다. 생육의 향기는 저장기간 동안 뚜렷한 변화가 없었고, 연도는 30일째 현저하게($p < 0.05$) 향상되었으며 색깔은 20일부터 우수하였다. 가열육의 맛은 30일까지 변화가 없었으나 40일째 현저하게($p < 0.05$) 나빠졌으며, 가열육의 향기는 30일까지 우수하였다($p < 0.05$). 그리고 종합적인 기호성은 냉장 20일에서 30일 사이에 양호하였다.

문 헌

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. 岡山高秀, 鎌利久會, 中川成男, 山之上稔, 西川勳, 光石直起, 小西喜八郎: 黒毛和種腿肉における物理・化學的變化. 日畜會報, **62**, 178(1991)
3. Henning, W. R., Moody, W. G., Fox, J. D. and Kemp, J. D. : Effect of aging, cooking and storage on tenderness and structure of bovine muscle. *J. Anim. Sci.*, **36**, 201(1973)
4. Martin, A. H., Fredeen, H. T. and Weiss, G. M. : Tenderness of beef *longissimus dorsi* muscle from steers, heifers, and bulls as influenced by source, postmortem aging and carcass characteristics. *J. Food Sci.*, **36**, 210(1973)
5. Crouse, J. D. and Koohmaraie, M. : Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. *J. Food Sci.*, **55**, 573(1990)
6. Winger, R. J. and Fennema, O. : Tenderness and water holding properties of beef muscles as influenced by freezing and subsequent storage at -3°C or 15°C . *J. Food Sci.*, **41**, 1433(1976)
7. Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A. : Postmortem changes in the actin-myosin interaction of rabbit skeletal muscle. *J. Biochem.*, **89**, 321(1981)
8. Parrish, F. C. Jr., Young, R. B., Miner, B. E. and Andersen, L. D. : Effect of postmortem conditions on certain, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **38**, 690(1973)
9. 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)
10. Olson, D. G. and Parrish, F. C. Jr. : Relationship of myofibril fragmentation index to measure of beef steak tenderness. *J. Food Sci.*, **42**, 506(1977)
11. 沖谷明紘, 松石昌典, 根岸晴夫, 吉川純夫: 凍結貯藏牛肉の凍結後貯藏による食味性の向上. 日畜會報, **61**, 990(1990)
12. Yang, R., Okitani, A. and Fujimaki, M. : Studies on myofibrils from the stored muscle. I. Postmortem changes in adenosine triphosphatase activity of myofibrils from rabbit muscle. *Agric. Biol. Chem.*, **34**, 1765(1970)
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. Andrew, P. M. and Anthonig, K. T. : Analysis of sugars and organic acid in ripening mango fruits by high performance liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.*, **36**, 561(1985)
15. 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)
16. Fiske, C. H. and Subbarow, Y. : The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, **66**, 375(1925)
17. 허우덕, 하재호, 석호문, 남영중, 신동화: 김치의 저장중 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, **20**, 511(1988)
18. SAS : SAS User's guide. SAS Institute, Inc., Cary, NC(1985)
19. Bendall, J. R. : Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. *Meat Sci.*, **2**, 91(1978)
20. Nishimura, T., Rhue, M. R., Okitani, A. and Kato, H. : Components contributing to the improvement of meat taste during storage. *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 2323(1988)
21. Bodwell, C. E., Pearson, A. M. and Spooner, M. E. : Postmortem changes in muscle. I. Chemical changes in beef. *J. Food Sci.*, **30**, 766(1965)
22. Clark, D. S. and Lentz, C. P. : Use the mixtures of carbon dioxide and oxygen for extending shelf-life of prepackaged fresh beef. *J. Ins. Can. Sci. Technol.*, **6**, 194(1973)
23. 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)
24. 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)
25. Smith, G. C., Culp, G. R. and Carpenter, Z. L. : Postmortem aging of beef carcasses. *J. Food Sci.*, **43**, 823(1978)
26. Locker, R. H. : Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Food Res.*, **25**, 304(1960)
27. Fujimaki, M., Arakawa, N., Okitani, A. and Takagi, O. : The changes of "myosin B" ("actomyosin") during storage of rabbit muscle. II. The dissociation of "myosin B" into myosin A and actin, and its interaction with ATP. *J. Food Sci.*, **30**, 937(1965)
28. Field, R. A., Riley, M. L. and Chang, Y. O. : Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. *J. Food Sci.*, **36**, 611(1971)
29. 문귀임, 정인철, 문윤희: 해동 후 냉장한 우육의 물리화학적 특성과 기호성. 한국축산식품학회지, **14**, 85(1994)