

냉장우육의 숙성도 지표로 활용하기 위한 물리화학적 특성

정인철[†] · 김미숙* · 신완철** · 문윤희*

대구대학교 식품공업과

*경성대학교 식품공학과

**울산대학교 식품영양학과

Physico-chemical Properties for Utilization of Aging Index of Cold Storage Beef Tenderloin

In-Chul Jung[†], Mi-Sook Kim*, Wan-Chul Shin** and Yoon-Hee Moon*

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

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

**Dept. of Food and Nutrition, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

Abstract

To establish the index of aging stage for cold storage beef tenderloin, shear force value(SFV), Mg-ATPase activity, myofibrillar fragmentation index(MFI), myofibrillar fragmentation ratio(MFR) and appearance of 30KD(30KD) were measured as the parameters for the indices of aging stage. Aging index of air-packed beef tenderloin stored for 14 days at 3°C were useful in the order of SFV($r=-0.893$)>MFR($r=0.863$)>30KD($r=0.853$)>MFI($r=0.814$)>Mg-ATPase activity($r=0.804$). Vacuum-packed beef tenderloin stored for 28 days at 3°C were useful in the order of MFR($r=0.880$)>30KD($r=0.836$). In case of the correlation between aging indices of air-packed beef tenderloin, MFR had relation with SFV, Mg-ATPase activity, MFI and 30KD. In case of the correlation between aging indices of vacuum-packed beef tenderloin, MFR had relations with 30KD.

Key words: aging index, shear force value, ATPase-activity, fragmentation, 30KD

서론

우육은 숙성에 의해서 맛, 향 그리고 연도가 향상되어 기호성이 향상된다. 우육은 돈육과 계육에 비하여 숙성에 소요되는 시간이 길고, 숙성에 의한 연도의 향상이 기호성에 크게 관여하고 있음은 잘 알려진 사실이다. 우육의 기호성을 극대화하기 위해서는 유통되는 우육의 숙성정도를 파악하여, 숙성이 부족한 것은 일정 기간 동안 숙성시켜서 이용할 필요성이 있다. 그러기 위해서는 우육의 숙성도를 판단하기 위한 물리화학적 특성의 지표가 정립되어야 할 것이다.

우육의 숙성도 지표로 조사된 물리화학적 특성들 중에 전단력(1,2), 근원섬유의 소편화(3,4)와 Mg-ATPase활성(5,6), troponin-T의 소실과 30,000 dalton성분의 출현(7,8), 그리고 근결집의 변화(9,10) 등이 다른 특성들에 비하여 상대적으로 유의적인 상관관계가 있

다고 알려져 있다. 이와 같은 결과들을 얻은 대다수의 연구자들은 우육의 숙성기간을 15일 이내로 설정하였기 때문에 그 결과가 진공포장하여 장기간 냉장되는 우육의 숙성도 지표로 적합한지는 명확하지 못하다고 여겨진다.

우리나라의 우육소비량의 절반 이상은 외국에서 수입하고 있고, 그 대부분은 동결육이어서 국내산 우육과 차별화되어 있었다. 그러나 1996년 7월부터 냉장육이 수입되고 그 유통기간은 수입업자의 자율에 맡기게 되어 있어서 수입 냉장우육이 진공포장 상태로 많이 유통되리라 예상된다. 수입우육은 도축 후 짧게는 2주에서 길게는 4~5주 후에 소비자들이 이용하게 되는 경우가 많다. 그러므로 진공포장하여 약 한달간 냉장되는 우육의 숙성도 지표를 확립하는 것은 냉장 수입우육의 숙성도를 파악하는 측면에서도 의의있는 일이라 판단된다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

본 실험에서는 도축 후 냉장실에서 2일 경과한 한우와 홀스타인의 안심부위를 시료로 하여, 단기숙성을 위한 것은 합기포장, 그리고 장기숙성을 위한 것은 진공포장하여 각각 14일과 28일간 냉장숙성시키면서 전단력가, 근원섬유의 소편화와 Mg-ATPase활성, 그리고 30,000 dalton성분의 출현정도에 대하여 경시적으로 실험하고, 그 특성들이 단기 및 장기적으로 냉장되는 우육의 숙성도 지표로 활용하기에 적당한지 검토하였다.

재료 및 방법

재료

도축 후 48시간 냉장한 한우(우, 380kg, 약 36개월령)와 홀스타인(우, 490kg, 약 50개월령)의 도체등급 B-1인 지육에서 안심부위를 취하고(부산시 학장동 소재 도축장) 그것을 약 500g씩 폴리에틸렌 필름과 열화비닐 수지로 각각 합기 또는 진공포장(760mmHg_{VAC})하여 3±1°C에 냉장하면서 시료로 하였다.

전단력가

전단력가의 측정은 우육안심을 근섬유와 평행하게 두께와 직경이 각각 5mm와 20mm 정도가 되도록 절단하고 실온에서 rheometer(Model No. CR-200D, Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때에 감압축은 전단응력용을 사용하였으며 10회 측정하여 가장 높고 낮은 값을 제외하고 나머지의 평균값을 이용하였다. Rheometer의 측정조건은 table speed 120mm/min, chart speed 80mm/sec, sample height 5mm 그리고 load cell 1kg으로 하여 측정하였다.

근원섬유의 Mg-ATPase활성

근원섬유는 Yang 등의 방법(11)에 따라 0.16M KCl-0.04M Tris-HCl(pH 7.5)을 가하여 균질하고 2,000×g에서 원심분리한 다음 침전물에 0.16M KCl용액을 가하여 여과한 여액을 근원섬유로 하였다. 근원섬유의 Mg-ATPase활성의 측정은 Fiske와 Subbarow법(12)으로 측정하였는데 0.25mg/ml의 근원섬유, 2mM MgCl₂, 1mM ATP, 20mM Tris-HCl buffer(pH 8.0)의 혼합액을 30°C에서 반응시키고 최종 농도 4% TCA용액으로 반응을 정지시켜 측정하였다.

근원섬유의 소편화

근원섬유의 소편화 정도는 Culler 등의 방법(13)과 Takahashi 등의 방법(14) 두가지 방법을 이용하였다.

Culler 등의 방법은 조제한 근원섬유를 단백질농도 0.5±0.05mg/ml되게 희석하여 540nm에서 흡광도를 측정하고 측정값에 200을 곱한 것이고(이하 소편화도), Takahashi 등의 방법은 조제한 근원섬유 1ml에 완충액(100 mM KCl, 20mM KH₂PO₄, 5mM EDTA, 1mM MgCl₂, 1mM NaN₃, pH 7.0) 3ml를 가하여 희석된 현탁액을 위상차현미경(Liker LEITZ Diaplan, Germany)에서 1,000배로 관찰하고, 모든 근원섬유의 수에서 1~4개로 소편화된 근질의 수를 백분율로 구하여 표시하였다(이하 소편화율이라 표시).

30,000 dalton성분의 측정

30,000 dalton(30KD)성분은 전기영동 후 gel을 densitometer(GS-670, BIO-RAD, U.S.A.)로 각각 밴드의 peak면적에 근거하여 농도비를 계산하고 actin에 대한 백분율로 나타내었다. 전기영동은 Laemmli의 방법(15)에 의한 SDS-polyacrylamide gel 전기영동법에 따라서 실시하였다.

통계처리

얻어진 모든 자료에 대한 통계적 분석은 SAS program(16)을 사용하여 Duncan의 다중범위검정방법으로 유의성을 검정하였다(17).

결과 및 고찰

전단력가

전단력가는 육을 기계적으로 절단하였을 때 소비되는 힘의 크기로서, 숙성과정에서 식육의 연화에 의하여 그 값이 낮아지게 된다. 그 낮아지는 전단력가의 정도가 냉장우육의 숙성도 지표로 적당한지 검토하였다. 도축 후 냉장실에서 2일 경과한 지육의 안심부위를 해체하여 합기 또는 진공포장하고 3°C에서 각각 14일과 28일간(도축 후 16일과 30일) 단기 또는 장기간 냉장시키면서 경시적으로 측정된 전단력가의 결과는 Table 1과 같다. 도축 후 2일째 즉, 포장할 때의 한우육의 전단력가는 589g이었으며, 이 수치는 냉장하여 숙성하는 동안에 점진적으로 낮아져서, 합기포장한 것은 포장 후 14일째에 467g으로 되면서 유의적인 차이를 보였다. 진공포장한 것은 포장 후 14일째에 470g으로 유의적인 차이를 나타내었으며, 그 이후 28일째에 419g으로 낮아졌지만 유의성이 없었다. 이 과정에서 합기포장한 것이 진공포장한 것 보다 다소 연화효과가 좋았으나 큰 차이가 아니었으며, 냉장기간이 짧은 때가 긴 때에 비

Table 1. Changes in shear force value(SFV) of beef tenderloin during storage at 3°C for 28 days (g)

	Aging days					
	0	7	10	14	21	28
Korean native beef ¹⁾	589±97 ^a	502±82 ^{ab}	475±75 ^{ab}	467±79 ^b		
Korean native beef ²⁾	589±97 ^a	548±54 ^a	473±85 ^{ab}	470±73 ^b	446±91 ^b	419±61 ^b
Holstein beef ¹⁾	635±86 ^a	581±63 ^a	531±101 ^{ab}	493±60 ^b		
Holstein beef ²⁾	635±86 ^a	597±58 ^a	535±90 ^{ab}	498±89 ^b	481±92 ^b	441±81 ^b

Mean±S.D.(n=8)

^{a,b}Different superscripts are significantly different(p<0.05) in each row¹⁾Aged in air condition, ²⁾Aged in vacuum condition

하여 연화속도가 빠른편이었다. 한편 홀스타인육의 전단력가는 한우육의 경우 보다 높은 편이었으며 냉장숙성 중 변화되는 양상은 비슷하였다. 우육을 포장하여 냉장 10일(도축 후 12일) 까지를 숙성 전기라 하고 그 이후를 숙성 후기라 할 경우, 합기 또는 진공포장한 것 모두 숙성 전기에 전단력가가 현저히 낮아졌으나 숙성 후기에는 계속하여 낮아지면서도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러므로 우육의 전단력가를 숙성도 지표로 삼는 것은 냉장하여 단기숙성할 경우에는 적당하지만 진공포장하여 장기적으로 숙성되는 경우에는 적당하지 않음을 알 수 있었다. 그리고 진공포장한 우육도 합기포장한 우육과 마찬가지로 냉장 중에 연도가 향상되고 있는 결과는, 문 등(17)이 진공포장 우육이 합기포장 우육 보다 기호성이 낮은 이유가 연도나 맛성분 보다 가열육 향이 크게 관여하고 있다는 보고와 관련성이 있다고 생각된다.

본 실험에 이용한 한우와 홀스타인육은 같은 부위 이면서 등지방의 두께 등 육량적 등급이 같고 근내 지방교잡 등 육질적 등급도 같은 것임에도 한우육이 홀스타인육 보다 전단력가가 다소 낮은 것은 품종이나 생체 중의 차이에서 오는 결과라고 생각된다. 그리고 냉장하는 동안 두 품종의 전단력가가 낮아지는 현상이 비슷한 것은 근원섬유의 구조변화에서 기인되는 즉, actomyosin type toughness가 소실되면서 연화되는 현상이 서로 같기 때문으로 여겨진다. 根岸 등(5)은 우육의 안심부위를 2°C에서 31일간 냉장하였을 때에 11일 까지는 전단력가가 현저하게 감소하지만 14일 이상이 되면 그 변화는 적어진다고 하였다. 또 Smith 등(18)은 우육의 등심부위를 1±1°C에서 28일간 냉장하면서 전단력가를 측정할 결과, 계속하여 그 수치가 감소하였으나 연도의 최적 상태는 11~14일째라고 하였다. 그들은 전단력가를 측정할 때 시료를 80°C의 항온수조에서 40분간 가열하고 냉각하여 Warner-Bratzler에서 측정하였고, 본 실험에서는 생육을 그대로 rheometer에서 측정했지만 숙성 후기 보다 숙성 전기에 전단력가가 현저하게 감소하는 현상은 비슷하였다.

근원섬유의 Mg-ATPase활성

합기포장과 진공포장한 냉장육에서 경시적으로 근원섬유를 조제하고 그 근원섬유의 Mg-ATPase활성을 측정할 결과가 숙성도 지표로 적당한지 검토하였다. Fig. 1은 합기포장한 한우육의 결과로써, 도축 후 2일째에 조제된 근원섬유의 Mg-ATPase활성은 0.02M KCl 존재 하에서 0.090µmole Pi/min/mg MF이었다. 이 Mg-ATPase활성은 합기포장하여 7일간 냉장하였을 때에 0.175µmole, Pi/min/mg MF로, 14일째에는 0.248µmole Pi/min/mg MF로 변화되어서 냉장숙성되는 동안 점진적으로 높아졌다. 홀스타인육에서 조제된 근원섬유의 Mg-ATPase활성의 변화도 Fig. 2에서 보는 바와 같이

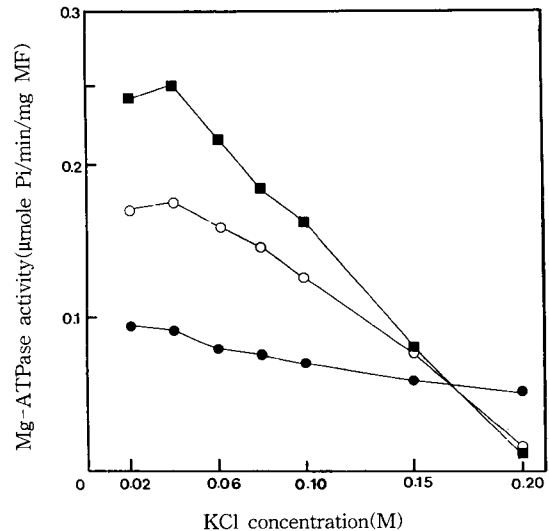


Fig. 1. Changes in Mg-ATPase activities of myofibrils at various KCl concentrations during storage of Korean native beef tenderloin at 3°C in air condition.

The samples were stored at 3°C for 0(●), 7(○) and 14(■) days. Mg-ATPase activities were measured by the assay of myofibril(0.25mg/ml) with 1mM ATP in 20mM Tris-HCl buffer(pH 8.0) containing 1mM MgCl₂ and various concentration of KCl indicated on the abscissa at 25°C for 5min.

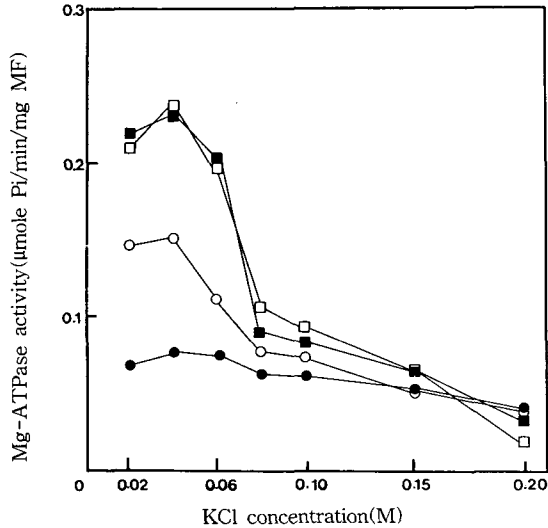


Fig. 2. Changes in Mg-ATPase activities of myofibrils at various KCl concentrations during storage of Holstein beef tenderloin at 3°C in air condition. The samples were stored at 3°C for 0(●), 7(○) and 14(■) days.

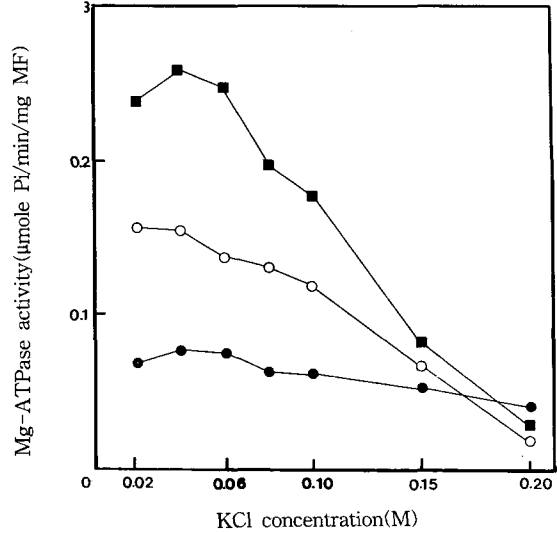


Fig. 3. Changes in Mg-ATPase activities of myofibrils at various KCl concentrations during storage of Korean native beef tenderloin at 3°C in vacuum condition. The samples were stored at 3°C for 0(●), 7(○), 14(■) and 21(□) days.

한우육의 경우와 비슷하였다. 그리고 진공포장한 한우와 홀스타인육의 경우는 Fig. 3과 4에서 보는 바와 같이 냉장 14일에 각각 0.212와 0.218µmole Pi/min/mg MF가 될 때까지 점진적으로 높아졌으나 21일째에는 각각 0.217과 0.210µmole Pi/min/mg MF로 1주일 전에 비하여 근원섬유의 Mg-ATPase활성의 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과로 냉장우육의 숙성도를 판단하는데 근원섬유의 Mg-ATPase활성을 이용하는 것은 2주 이내로 단기숙성되는 냉장우육인 경우는 가능하나 진공포장하여 3주 이상된 냉장우육에서는 적당하지 않은 것으로 판단되었다. 그리고 이온강도 0.15 이상에서 근원섬유의 Mg-ATPase활성은 일률적인 차이를 보이지 않아서 숙성도의 지표로 이용하는데 적당하지 않았다.

냉장우육이 숙성되면서 근원섬유의 Mg-ATPase활성이 변화되는 것은 근원섬유의 구조변화에서 기인되고 (11) 그것은 근원섬유의 부분적인 가수분해에 의한 결합력의 약화에서 오는 결과(19)로 해석하고 있다. 본 실험결과에서도 우육을 냉장하여 숙성할 때에 합기 또는 진공포장한 것 모두가 냉장 14일 까지 Mg-ATPase활성이 증가한 것은 미오신과 액틴의 결합력이 약화되고 있는 것으로 생각된다.

근원섬유의 소편화

근원섬유의 소편화를 측정하는 방법은 Culler 등(13)과 Takahashi 등(14)의 방법이 많이 이용되고 있다. 여

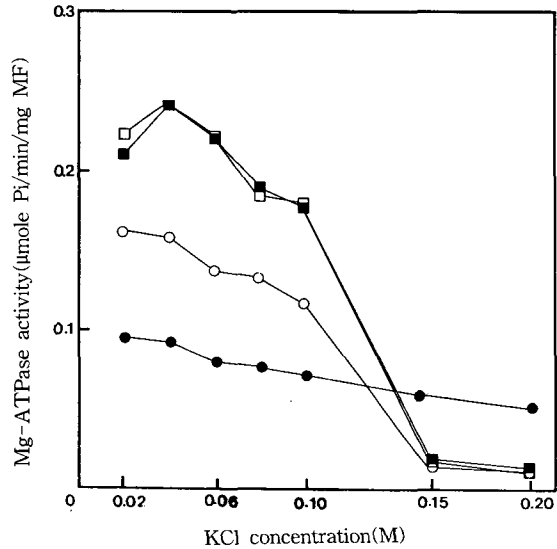


Fig. 4. Changes in Mg-ATPase activities of myofibrils at various KCl concentrations during storage of Holstein beef tenderloin at 3°C in vacuum condition. The samples were stored at 3°C for 0(●), 7(○), 14(■) and 21(□) days.

기서 전자를 소편화도, 후자를 소편화율이라 구분하여 표현하였으며, 이들이 합기 또는 진공포장하여 단기 및 장기간 숙성되는 냉장우육의 숙성도 지표로 적당한지 검토하였다. 우선 소편화도의 결과를 Table 2에 나

타내었다. 도축 후 2일째 즉, 포장할 때에 한우와 홀스타인육의 근원섬유 소편화도는 각각 40.6과 40.5로 같은 수준이었으며 냉장숙성 중에도 비슷하게 변화하였다. 합기포장한 한우와 홀스타인육은 모두 포장할 때에 비하여 포장 후 7일째에 이르러서 소편화도가 현저하게 높아졌으나 그 이후는 계속 높아지면서도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 진공포장육의 경우도 마찬가지로 두시료의 소편화도가 숙성 전기에만 유의적인 차이를 나타내었다. 그러므로 소편화도는 냉장기간이 짧은 우육에 한하여 숙성도 지표로 유효하고 냉장기간이 긴 우육에서는 적당하지 않았다.

소편화율의 결과는 Table 3에 나타내었다. 도축 후 2일째 즉, 포장할 때의 한우와 홀스타인육의 소편화율은 각각 31.4와 31.7로 비슷하였으며, 합기포장한 것은 포장 후 냉장 14일, 그리고 진공포장한 것은 냉장 28일에 각각 66.1과 62.5로 계속해서 높아지는 현상을 보였다. 이 결과로 근원섬유의 소편화율은 냉장기간이 짧은 우육은 물론 도축 후 한달간 냉장되는 진공포장육의 숙성도 지표로도 유효하다고 판단되었다. 결론적으로 Culler 등의 방법으로 측정하는 소편화도는 단기숙성인 경우에, 그리고 Takahashi 등의 방법으로 측정할 소편화율은 장기숙성의 경우 까지 숙성도 지표로 이용하기가 적당하였다. 소편화도는 소편화율 보다 실험방법상 간편한 점은 있으나 장기적으로 냉장시키는 우육

의 경우에는 숙성도 지표로 유효하지 못하므로 도축 후 숙성기간이 명확하지 않거나 수입우육과 같이 유통기간이 긴 것에 대하여는 적당하지 않다고 생각되었다.

한편 한우와 홀스타인육의 전단력차가 차이를 보였던 점으로 보아 근원섬유의 소편화 정도도 차이가 있으리라 예상하였으나 결과는 거의 같은 수준을 보였다. 이것은 도체의 육질과 육량적 등급이 같은 것에서 시료를 선택하였고, 도축 후 같은 조건에서 저장되면서 근원섬유 내의 Z선의 붕괴를 일으키는 요인이 비슷하였던데서 오는 결과라고 여겨진다. 근원섬유의 소편화는 근질을 연결하고 있는 Z선과 thin filament의 접합부위가 숙성 중에 약화되어 일어나고(3,20), 그 정도는 숙성 중의 육의 연화와 상관성이 크다는 것이 여러 연구자들(7,21)에 의하여 보고되어 있다. 그러나 아직까지 축종별, 부위별의 숙성도 또는 연도를 가름하는데 필요한 계수를 제시하는 보고가 드물어서 이 부분의 연구가 계속 필요하다고 생각된다.

30KD성분의 출현

Olson과 Parrish(7)는 우육을 냉장할 때에 근원섬유 내의 troponin-T가 분해되어 30KD성분이 출현되고, 이때에 actin의 함량은 변하지 않는다고 하였다. Takahashi 등(3)은 토끼근육에서 같은 결과를 제시하여, 식육이 출현하는 양을 알고 싶을 때는 actin량에 대한 30KD성

Table 2. Changes in myofibrillar fragmentation index(MFI)¹⁾ of beef tenderloin during storage at 3°C for 28 days

	Aging days					
	0	7	10	14	21	28
Korean native beef ²⁾	40.6±0.5 ^b	61.9±7.5 ^a	68.7±4.3 ^a	68.8±4.7 ^a		
Korean native beef ³⁾	40.6±0.5 ^b	60.0±6.5 ^a	66.0±2.9 ^a	66.5±3.1 ^a	66.7±3.0 ^a	66.2±3.2 ^a
Holstein beef ²⁾	40.5±1.6 ^b	61.4±6.9 ^a	68.0±3.6 ^a	69.0±3.8 ^a		
Holstein beef ³⁾	40.5±1.6 ^c	53.7±4.5 ^b	62.6±2.7 ^{ab}	68.0±1.1 ^a	65.8±3.0 ^{ab}	66.8±2.6 ^a

Mean ± S.D.(n=3)

^{a-c}Different superscripts are significantly different(p<0.05) in each row

¹⁾Myofibrillar fragmentation index determined as the absorbance at 540nm of myofibril suspension(0.5mg protein/ml) × 200

²⁾Aged in air condition, ³⁾Aged in vacuum condition

Table 3. Changes in myofibrillar fragmentation ratio(MFR)¹⁾ of beef tenderloin during storage at 3°C for 28 days(%)

	Aging days					
	0	7	10	14	21	28
Korean native beef ²⁾	31.4±0.9 ^c	38.2±1.9 ^b	43.9±2.9 ^{ab}	45.2±1.6 ^a		
Korean native beef ³⁾	31.4±0.9 ^d	35.8±3.6 ^{cd}	39.4±1.3 ^c	44.4±2.6 ^c	52.6±1.6 ^b	66.1±3.1 ^a
Holstein beef ²⁾	31.7±0.9 ^c	36.0±2.7 ^{bc}	45.1±4.0 ^{ab}	46.2±1.2 ^a		
Holstein beef ³⁾	31.7±0.9 ^d	35.0±4.2 ^{cd}	38.6±1.4 ^c	42.0±2.2 ^{bc}	49.6±2.4 ^b	62.5±1.6 ^a

Mean ± S.D.(n=3)

^{a-d}Different superscripts are significantly different(p<0.05) in each row

¹⁾Myofibrillar fragmentation as the percentage of the number of the myofibrillar fragments composed of 1~4 sarcomeres to the total number of myofibrils and myofibrillar fragments

²⁾Aged in air condition, ³⁾Aged in vacuum condition

숙성되는 동안 근원섬유 내에 어떠한 성분이 소실 또는 분해되는 비율로 나타낼 수 있음을 확인하였다.

여기서는 합기 또는 진공포장하여 3°C에 냉장되는 우육에서 조제된 근원섬유의 전기영동상의 성분비를 densitometer에서 구하고 30KD성분의 출현정도를 Table 4에 나타내었으며, 이 특성이 숙성도 지표로 적당한지 검토하였다. 도축 후 2일째의 한우와 홀스타인육에는 30KD성분이 각각 0.4와 0.3%/actin으로 비슷하게 나타났고, 포장 후 냉장, 숙성 중의 변화양상도 비슷하였다. 합기 또는 진공포장한 우육의 30KD성분은 냉장 7일째에 한우육의 경우 각각 14.0과 10.9%/actin으로, 홀스타인육은 각각 12.9와 9.1%/actin으로 현저하게 많아졌다. 그 이후에도 계속적으로 그 성분이 많아졌으며 특히 진공포장한 것은 냉장 28일까지 유의적인 변화를 보여서 30KD성분의 출현정도도 근원섬유의 소편화율과 함께 장기적으로 냉장되는 우육의 숙성도 지표로 적합함을 알 수 있었다.

이 결과에서 합기포장육이 진공포장육 보다 30KD 성분이 다소 많이 출현되는 점으로 보아 troponin-T의 분해는 적당한 산소가 존재할 때에 잘 이루어짐을 반영하여 주었다. 그러나 그 차이가 현저하지 않은 점과, 합기포장육과 진공포장육의 전단력이 차이도 유의적이지 않았던 점으로 보아 우육의 연도 향상에는 적당한 산소의 존재 하에서 troponin-T의 소실에 의한 것으로는 설명되기가 어려웠다. Penny와 Dransfield(22)는 30KD성분의 출현과 식육의 연화가 잘 일치한다는 사실로부터 troponin-T의 분해가 식육연화의 주요 요인이 된다고 주장하였다. 그러나 Takahashi 등(3)은 troponin-T가 근원섬유에서 차지하는 비율이 적기 때문에, troponin-T의 분해가 연화의 지표로는 가능하여도 이것이 식육의 연화에 주요 요인이 된다는 것은 생각하기 어렵다고 하였다. 본 실험의 결과를 종합하면 30KD 성분의 증가가 연도 향상과 직접적인 관계가 없는 것으로 생각된다.

Table 5. Correlation coefficients between storage days and aging indices of beef tenderloin

	Correlation coefficients	
	Air package	Vacuum package
SFV ¹⁾	-0.893***	-0.753
Mg-ATPase	0.804*	0.623
MFI ²⁾	0.814*	0.692
MFR ³⁾	0.863**	0.880**
30KD	0.853**	0.836*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

¹⁾Shear force value

²⁾Myofibrillar fragmentation index

³⁾Myofibrillar fragmentation ratio

숙성도 지표들의 상관관계

우육의 숙성기간과 숙성도 지표로 검토한 특성들과의 상관관계는 Table 5에 나타낸 바와 같다. 합기포장하여 단기간 냉장숙성하는 우육의 전단력가는 숙성기간과 유의한(p<0.001) 음의 상관관계가 있었고, 근원섬유의 Mg-ATPase활성(p<0.05), 소편화도(p<0.05), 소편화율(p<0.01) 그리고 30KD성분의 출현정도(p<0.01)는 모두 유의한 양의 상관관계가 있었다. 진공포장육은 소편화율(p<0.01)과 30KD성분의 출현정도(p<0.05)가 숙성기간과 양의 상관관계가 있었다. 이때에 숙성기간과의 상관관계가 가장 컸던 것은 근원섬유 소편화율이었고 그것을 기준으로 하였을 때의 숙성도 지표들 간의 상관관계는 Table 6에서 보는바와 같다. 합기포장하여 단기간숙성하는 우육은 전단력가, 근원섬유의 Mg-ATPase활성, 소편화도 및 30KD성분의 출현정도와 모두 유의한 상관관계가 있었으며, 진공포장하여 장기숙성하는 우육은 30KD성분만이 유의한 상관관계를 보였다.

따라서 합기포장육의 숙성도 지표로 활용하기 위한 물리화학적 특성들로는 전단력가, 근원섬유의 Mg-ATPase 활성, 소편화도, 소편화율 및 30KD성분의 출현이었으며, 진공포장육은 근원섬유의 소편화율과 30KD성분의 출현이 적합하였다.

Table 4. Changes in 30KD(%/actin) of myofibrils prepared from beef tenderloin during storage at 3°C for 28 days

	Aging days					
	0	7	10	14	21	28
Korean native beef ¹⁾	0.4±0.1 ^b	14.0±1.9 ^a	18.7±1.6 ^a	19.5±1.7 ^a		
Korean native beef ²⁾	0.4±0.1 ^e	10.7±1.3 ^d	16.1±3.1 ^{bcd}	16.3±1.5 ^c	20.6±0.8 ^b	23.1±0.4 ^a
Holstein beef ¹⁾	0.3±0.3 ^c	12.9±1.1 ^b	16.4±2.6 ^{ab}	18.5±1.4 ^a		
Holstein beef ²⁾	0.3±0.3 ^d	9.1±1.8 ^c	16.0±2.1 ^b	17.8±1.1 ^b	20.7±1.1 ^{ab}	23.7±1.4 ^a

Mean ± S.D. (n=3)

^{a-e}Different superscripts are significantly different(p<0.05) in each row

¹⁾Aged in air condition, ²⁾Aged in vacuum condition

Table 6. Correlation coefficients among the various factors of air and vacuum packaged beef tenderloin

	Air package					Vacuum package				
	MFR	SFV	Mg-ATPase	MFI	30KD	MFR	SFV	Mg-ATPase	MFI	30KD
MFR ¹⁾	1.000					1.000				
SFV ²⁾	-0.881*	1.000				-0.782	1.000			
Mg-ATPase	0.841*	-0.849*	1.000			0.737	-0.893**	1.000		
MFI ³⁾	0.858*	-0.826*	0.875*	1.000		0.670	-0.892**	0.812*	1.000	
30KD	0.842*	-0.881*	0.873*	0.880*	1.000	0.859*	-0.776	0.846*	0.859*	1.000

*p<0.05, **p<0.01

¹⁾Myofibrillar fragmentation ratio, ²⁾Shear force value, ³⁾Myofibrillar fragmentation index

요 약

도축 후 2일간 냉장한 한우(♀, 380kg)와 홀스타인(♀, 490kg)의 안심부위를 이용하여 단기숙성용은 합기포장하여 14일간, 장기숙성용은 진공포장하여 28일 동안 3°C에서 냉장숙성하면서 경시적으로 전단력가, 근원섬유의 Mg-ATPase활성, 근원섬유의 소편화도, 근원섬유의 소편화율, 그리고 30,000 dalton(30KD)성분의 출현정도에 대하여 경시적으로 실험하여 숙성도 지표로 적당한 지를 검토하였다. 우육안심을 합기포장하여 3°C에서 14일간 숙성할 때의 숙성도 지표로 적합한 물리화학적 성질로서는 전단력가(r=-0.893)>근원섬유 소편화율(r=0.863)>30KD성분의 출현(r=0.853)>근원섬유 소편화도(r=0.814)>근원섬유 Mg-ATPase활성(r=0.804)의 순으로 유효하였다. 그리고 진공포장하여 28일간 숙성할 때는 근원섬유 소편화율(r=0.880)>30KD성분의 출현(r=0.836)의 순이었다. 합기포장육의 경우 숙성도 지표들간의 상관관계는 근원섬유의 소편화율이 전단력가, Mg-ATPase활성, 근원섬유 소편화도, 30KD성분의 출현과 상관관계가 있었으며 진공포장육은 근원섬유 소편화율이 30KD성분의 출현과 상관관계가 있었다.

문 헌

- Crouse, J. D. and Koohmaraie, M. : Effect of freezing of beef on subsequent postmortem aging and shear force. *J. Food Sci.*, **55**, 573(1990)
- 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(1976)
- Takahashi, K., Nakamura, F. and Inoue, A. : Postmortem changes in the actin-myosin interaction of rabbit skeletal muscle. *J. Biochem.*, **89**, 321(1981)
- Davey, C. C. and Gilbert, K. V. : Studies in meat tenderness. 7. Changes in the fine structure of meat during aging. *J. Food Sci.*, **34**, 69(1969)
- 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学的性質. *日畜會報*, **62**, 1095(1991)
- 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)

- Olson, D. G. and Parrish, F. C. Jr. : Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. *J. Food Sci.*, **42**, 506(1977)
- Samejima, K. and Wolfe, F. H. : Degradation of myofibrillar protein components during postmortem aging of chicken muscle. *J. Food Sci.*, **41**, 250(1976)
- 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)
- Culp, G. R., Carpenter, Z. L., Smith, G. C. and Davis, G. W. : Post rigor aging effects on beef tenderness. *J. Anim Sci.*(abstract), **37**, 258(1973)
- 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(1970)
- Fiske, C. H. and Subbarow, Y. : The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, **66**, 375(1925)
- 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)
- Takahashi, K., Fukazawa, T. and Yasui, T. : Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomers in chicken muscle. *J. Food Sci.*, **32**, 409(1967)
- Laemmli, U. K. : Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227**, 680(1970)
- SAS/STAT User's guide : Release 6.03 edition SAS institute Inc., Cary, NC, USA(1988)
- 문윤희, 정인철, 김미숙 : 진공포장, 합기포장 및 동결한 소안심육의 기호성에 관한 연구. *한국축산식품학회지*, **16**, 155(1996)
- Smith, G. C., Culp, G. R. and Carpenter, Z. L. : Postmortem aging of beef carcasses. *J. Food Sci.*, **43**, 823(1978)
- 양용 : 축산식품가공학. 보성문화사, 서울, p.335(1987)
- Stromer, M. H. and Goll, D. E. : Molecular properties of postmortem muscle. 2. Phase microscopy of myofibrils from bovine muscle. *J. Food Sci.*, **32**, 329(1976)
- 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)
- Penny, I. F. and Dransfield, E. : Relationship between toughness and troponin-T in conditioned beef. *Meat Sci.*, **3**, 135(1979)

(1997년 5월 24일 접수)