



진공포장 한우육의 냉수 침지 숙성이 지방 산화, 육색소 산화 및 포장감량에 미치는 영향

정진연 · 허선진 · 이상조 · 양한술 · 문성실* · 이정일** · 김영환*** · 주선태 · 박구부
경상대학교 축산과학부, *축산물등급판정소, **경상남도 첨단양돈연구소, ***순천대학교 식품공학과

Effects of Submersion Aging in Chilled Water on Lipid Oxidation, Myoglobin Oxidation and Purge Loss of Vacuum-Packed Hanwoo Meat

Jin-Youn Jeong, Sun-Jin Hur, Sang-Jo Lee, Han-Sul Yang, Sung-Sil Moon, Jeong-Ill Lee, Young-Hwan Kim, Seon-Tea Joo and Gu-Boo Park

Meat Science Laboratory, Division of Animal Science, College of Agriculture, Gyeongsang National University,

*Animal Products Grading Service, **Advanced Swine Research Institute,

***Department of Food Science and Technology, Collage of Agriculture, Suncheon National University

Abstract

Efficacy of submersion aging in chilled water of vacuum-packed Hanwoo beef was investigated. At 24 hours post-mortem, the *semimembranosus* portion of Hanwoo carcass was excised and sliced (2.5cm, thickness). After beef core samples(6cm²×2cm) were prepared and vacuum packed, the samples were randomly assigned to the four treatments which were conventional refrigerator at 4°C(control), conventional refrigerator at 1°C(T1), submersion in chilled water at 4°C(T2) and submersion in chilled water at 1°C(T3). Samples were stored for 3, 7, 10 and 14 days to measure meat color(CIE L*, a*, b*), deoxymyoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin percentage, thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) value, purge loss(%) and total heam pigment content. CIE a* value of samples was not significantly changed by treatment during the storage. However, metmyoglobin content of T2 samples was significantly (p<0.05) lower than those of control and T1, T3 during storage. Also, TBARS value of T3 samples was significantly (p<0.05) lower than those of control and T1, T2 samples. T3 showed the lowest purge loss%, whereas control remarked the highest purge loss(%). Total heam pigment of all samples were not significantly changed during the storage. These results suggested that submersion aging in chilled water could keep the myoglobin stability and reduce lipid oxidation and purge loss of vacuum packed beef during storage.

Key words : myoglobin, meat color, purge loss, TBARS, aging.

서론

현재 우리나라는 수입쇠고기 시장의 완전개방에 따른 저가의 수입 냉장육이 유통되고 있어 이에 대응할 다양한 방법들을 모색하고 있다. 특히 숙성을 통한 고급 한우 냉장육의 생산과 유통에 많은 관심이 집중되고 있다. 일반적으로 한우

육의 숙성은 일반공기순환냉장고에서 이루어지고 있는데, 냉장고 문의 잦은 개폐 등에 기인하여 일반공기순환냉장고 내 온도의 변이가 크게 발생하며, 이에 따라 많은 건조감량, 변색 및 빠른 미생물 증식 등의 문제점이 지적되고 있다. 이러한 단점을 극복하고자 최근 우리나라와 같이 육류판매량이 적은 소매판매점에서 쉽게 이용할 수 있는 냉수침지 숙성법이 개발되었다(Joo 등, 2001). 냉수 침지 숙성법이란 사후 강직근을 포장하여 냉수에 침지시켜 숙성시키는 방법을 말한다.

최근까지 식육 품질 저하를 방지하고자 상업적으로 널리

Corresponding author : Gu-Boo Park. Division of Animal Science, Collage of Agriculture, Gyeongsang National University 900, Kajwa-dong, Chinju-si, Kyungnam, Korea. Tel: 82-55-751-5515, Fax: 82-55-752-9866, E-mail: gbpark@gsnu.ac.kr

통용되는 진공포장은 부패균의 성장 억제, 외부의 오염으로부터 보호, 각 절단부위를 규격화하여 사용목적에 알맞은 작업의 용이함 등의 장점들을 갖추고 있지만 포장내의 압력으로 육즙감량이 발생하는 단점이 알려지고 있다. 또한 저장기간동안 육색소가 안정된 상태로 있는데도 불구하고 포장당시 산소함량이 극히 낮아 육색이 암적색을 나타내어 소비자들의 선호도가 떨어지는 등(Husband 등, 1982) 경제성에 나쁜 영향을 미친다(Labadie, 1999). Lynch 등(1986)은 소비자 74%가 신선육 구매시 육색을 가장 중요하게 고려한다고 보고하였는데 육색은 육색소(Myoglobin : Mb)의 화학적 상태에 따라 결정된다. 일반적으로 소비자들이 가장 선호하는 육색은 선홍색을 가진 Oxymyoglobin(OxyMb) 형태이며 반면, Metmyoglobin(MetMb)이 육에 30% 축적되면 소비자들은 신선육이 아니라고 단정짓게 된다. 특히 신선육의 경우, 5℃ 일반냉장저장기간 중 6.6일이 되었을 때 MetMb이 20%로 축적된다고 보고되었다(O'Keefe 등, 1982). 즉, OxyMb은 신선육에서는 아주 중요한 경제성을 가지고 있다. 미국의 경우 일반 소매점에서 판매되는 신선육의 변색으로 인해 매년 700만 달러의 손해를 보고 있다고 한다(Liu 등, 1995). 그러므로 신선육에 있어 장시간 OxyMb의 형태를 유지하는 것은 품질경쟁력을 높이는 것으로서 매우 중요하다. 이러한 이유로 각국에서는 자국의 경제성을 높이고자 육색 안정성에 관한 다양한 연구가 계속되고 있다.

본 연구는 진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 일반 일반공기순환냉장고에서의 숙성과 비교하여 육색, 육색소의 화학적 상태와 화학적 상태에 따른 지방산화의 영향 및 포장감량과 그에 따른 육색소 함량의 변화 등을 알아보려고 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

도축 후 24시간 경과한 14~16개월령된 비거세 한우 우둔(Semimembranosus) 부위를 시험에 공시하였다. 시료는 2.5cm 두께로 절단한 후 지름이 6cm 크기의 코어를 이용하여 실험에 이용할 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 진공포장지로 포장하여 저장방법 및 온도별에 따라 3, 7, 10, 14일 동안 저장하면서 실험에 공시하였다.

실험구 설정

저장은 1℃와 4℃의 일반공기순환냉장고에 저장하는 방법과 1℃와 4℃의 냉수에 침지하여 저장하는 방법으로 구분하였다. 대조구는 진공포장한 후 4℃의 일반공기순환냉장고에 저장한 것으로 하였다. 처리구는 3 처리구로 나누었으며, 각

각의 처리 방법은 다음과 같다. 처리 1구는 PVDC (Polyvinylidene chloride, 산소투과율:1500cc/24hr/m²/20℃)에 진공포장한 후 1℃의 일반공기순환냉장고에 저장하였으며, 처리 2구는 PVDC에 진공포장한 후 4℃의 냉수에 침지하여 저장하였다. 처리 3구는 PVDC에 진공포장한 후 1℃의 냉수에 침지하여 저장하였으며, 각각의 처리구는 3, 7, 10, 14일간 저장하면서 실험에 공시하였다.

조사항목 및 분석방법

1) 육 색

육색은 포장을 개봉한 후 30분간 홍색화(blooming)를 실시하고 표면의 수분을 제거하고 Minolta Chromameter (Minolta Co. CR-300, Japan)를 사용하여 동일한 방법으로 9회 반복하여 명도(lightness)를 나타내는 L*값, 적색도(redness)를 나타내는 a*값과 황색도(Yellowness)를 나타내는 b*값을 측정하였다. 기기의 표준화 작업은 $Y = 93.5$, $X = 0.3132$, $y = 0.3198$ 인 표준색판을 사용하였다.

2) 육색소의 화학적 조성

육색소의 화학적 조성은 Krzywicki(1982)의 방법으로 측정하였고, 분쇄 우육을 4g 취하여 냉장고에 보관중인 phosphate buffer (pH 6.8, ionic strength 0.04)를 20ml 넣은 후 13,000rpm에서 10초간 균질화(Model T-25 Basic, IKA, Malaysia) 하였다. 이때 육색소 추출은 Warriss(1979)의 방법으로 추출하였고, 균질액을 냉암소에서 1시간 방치한 후 5,000g에서 30분간 원심분리(Union 5kr, Hanil, Korea)시켰다. 상층액을 Whatman No. 1 여과지로 여과한 후 Spectrophotometer(Model Genesys 5, Spectronic, U.S.A.) 572, 565, 545, 525nm에 각각 흡광도를 측정하여 다음과 같은 산술식을 이용하여 산출하였다.

$$[\text{Met}] = \text{CMet}/c = -2.514R_1 + 0.777R_2 + 0.800R_3 + 1.098$$

여기에서 R_1 , R_2 , R_3 는 각각 A^{572}/A^{525} , A^{565}/A^{525} , A^{545}/A^{525} 비이다.

3) 지방산패도

지방산패도(TBARS)는 Burge와 Aust(1978)의 방법으로 측정하였으며, 육을 적당한 크기로 절단하고 3mm 플레이트로 분쇄한 후, 분쇄한 우육 시료 5g에 BHT(Butylated Hydroxytoluence) 50 μ l와 증류수 15ml를 가해 homogenizer (Model T-25 Basic, IKA, Malaysia)로 13,500rpm에서 10초간 균질화시켰다. 균질액 2ml에 TBA/TCA 혼합용액 4ml를 넣고 교반

기에서 10초간 혼합한 후 90°C water bath에서 15분간 가열 반응시켰다. 냉각수로 식힌 시료는 3,000rpm에서 15분간 원심분리(Model Union 5kr, Hanil, Korea)를 시킨 후 상층을 회수하여 Spectrophotometer (Model Genesys 5, Spectronic, U.S.A.)에서 531nm의 흡광도를 측정하여 다음과 같은 계산식에 의해서 나타내었다.

$$TBARS = \text{Absorbance} \times 5.88$$

4) 포장감량

포장 전 우육의 무게를 측정하였고, 포장을 개봉하여 육 표면의 수분을 제거한 후 무게를 측정하여 저장 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

이때 포장감량은 다음 식에 의하여 측정하였다.

$$\text{포장감량(\%)} =$$

$$\frac{\text{포장 전 육의 무게(g)} - \text{포장개봉 후 육의 무게(g)}}{\text{포장전 육의 무게(g)}} \times 100$$

5) 총 육색소 함량

총 육색소 함량은 Honsey(1956)에 의한 방법으로 측정하

였으며, 분쇄 우육을 2g 취하여 냉장고에 보관중인 Honsey 시약 9ml을 넣은 후, 13,000 rpm에서 1분간 균질화(Model T-25 Basic, IKA, Malaysia) 하였다. 균질액을 냉암소에서 1시간 방치한 후 Whatman No.42 여과지로 여과한 후 Spectrophotometer(Model Genesys 5, Spectronic, U.S.A.) 640nm에 각각 흡광도를 측정하여 다음과 같은 계산식으로 산출하였다.

$$\text{Total heam pigment(ppm)} = 640\text{nm} \times 680$$

통계처리

이상의 실험에서 얻어진 성적은 SAS/PC⁺(SAS, 1995)을 이용하여 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 육색에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 저장기간동안에 육색의 명도(L*)변화는 주목할만한 경향을 나타내지 않았다 그러나 저장 10일에 대조구와 T2가 유의적으로(p<0.05) 낮은 명도값을 나타내었다. 적색도(a*)와 황색도(b*)는 저장기간이나 처리방법에 따른 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 육색은

Table 1. Changes in CIE L*, a*, b* values on surface of bloomed beef during storage

Treatment ¹⁾	Storage (days)					
	0	3	7	10	14	
L* ²⁾	C	35.57±1.57 ^{Aa}	34.37±2.46 ^{Ab}	35.99±1.38 ^{Aa}	32.94±1.33 ^{Cb}	34.92±2.80 ^{Aa}
	T1	36.31±1.95 ^{Aa}	32.29±0.83 ^{Bb}	35.91±2.25 ^{Aa}	35.60±3.86 ^{Ba}	34.78±2.01 ^{Aa}
	T2	36.14±2.93 ^{Aa}	35.28±3.86 ^{Aa}	35.36±3.56 ^{Aa}	33.63±1.39 ^{Ca}	34.93±3.00 ^{Aa}
	T3	36.82±2.39 ^{Aa}	36.20±2.83 ^{ABb}	35.65±3.04 ^{Aab}	37.56±2.23 ^{Aa}	34.56±1.23 ^{Ab}
a* ³⁾	C	21.02±0.90 ^{Aab}	20.05±1.34 ^{ABb}	22.01±1.43 ^{Aa}	18.71±1.60 ^{Cc}	20.83±2.80 ^{Bab}
	T1	20.86±1.68 ^{Aa}	18.82±1.44 ^{Bb}	21.78±1.01 ^{ABa}	21.35±2.13 ^{Aa}	21.62±1.05 ^{Aa}
	T2	20.93±2.48 ^{Aab}	19.83±2.95 ^{Abb}	21.50±1.43 ^{ABa}	20.08±0.67 ^{Bab}	20.39±0.56 ^{Bab}
	T3	20.57±2.94 ^{Aab}	20.74±2.25 ^{Aa}	21.03±0.77 ^{Ba}	21.07±0.89 ^{Aa}	19.45±1.15 ^{Cd}
b* ⁴⁾	C	7.97±0.65 ^{Abc}	7.32±1.29 ^{ABcd}	9.07±1.01 ^{Aa}	6.99±1.05 ^{Cd}	8.53±0.88 ^{ABab}
	T1	7.76±0.64 ^{Ab}	6.96±0.75 ^{Bb}	9.16±1.06 ^{Aa}	8.99±1.61 ^{Aa}	9.08±1.04 ^{Aa}
	T2	7.59±1.70 ^{Ab}	8.15±2.04 ^{ABab}	9.30±1.38 ^{Aa}	8.03±0.52 ^{Bb}	8.58±1.13 ^{ABab}
	T3	7.32±1.61 ^{Ac}	8.48±1.81 ^{Ab}	9.20±0.88 ^{ABb}	9.35±1.18 ^{Aa}	8.20±0.66 ^{Bab}

A,B,C. Mean±SD with difference superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

a,b,c. Mean±SD with difference superscript in the same row are significantly different(p<0.05).

1) Control : Conventional refrigerator at 4°C

Treatment 1 : Conventional refrigerator at 1°C

Treatment 2 : Submersion in chilled water at 4°C

Treatment 3 : Submersion in chilled water at 1°C

2) Lightness; 3) Redness; 4) Yellowness

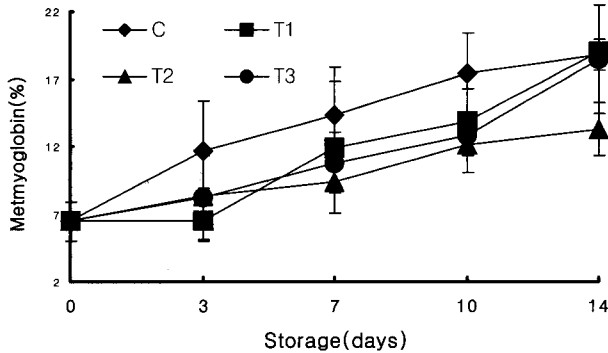


Fig. 1. Changes in Metmyoglobin(%) of beef during storage. -◆-(C): Conventional refrigerator at 4°C, -■-(T1):Conventional refrigerator at 1°C, -▲-(T2):Submersion in chilled water at 4°C, -●-(T3):Submersion in chilled water at 1°C.

OxyMb의 함량과 관계가 높으며, 일반적으로 저장기간동안 육의 적색도는 감소하는 경향이 있다. 그러나 본 실험에서는 저장기간 14일 동안 육의 적색도는 유의적 차이를 나타내지 않았다. Hur 등 (2001)은 돈육등심을 냉장염수에 침지한 후 저장했을 때 진공포장한 돈육에 비교해 높은 적색도를 나타낸다고 보고하였으나 본 연구에서는 육색소 함량(OxyMb, MetMb)의 차이에도 불구하고 적색도의 차이를 나타내지 않았다. 이는 돈육에 비교하여 지방함량이 높기 때문에 광학적 인 측정에 영향을 주었기 때문인 것으로 사료된다.

진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 MetMb 형성에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다. MetMb이 육표면에 30% 이상 형성될 경우 소비자들은 육이 신선하지 못하다고 인식하게 되는데, 위의 결과 저장기간동안 모든 처리구들이 30%이하의 값들로 나타내었고 저장기간 7일에서 14일까지 MetMb의 결과를 보면, 냉수침지시킨 T2, T3가 일반공기순환냉장고에 저장시킨 대조구와 T1에 비교해 유의적으로(p<0.05) 낮은 MetMb의 함량을 나타내었다. 가열되지 않은 적색근의 경우 지방산의 축적 작용에서 육색소(Mb)는 중요한 역할을 한다(Ledward, 1983). Faustman 등(1989)에 따르면 지방과 육색소의 산화는 서로 밀접한 상관관계가 있는데, 이들 중의 하나가 증가하면 다른 하나도 증가한다. 현재까지 신선육의 산화반응과 육색 안정성에 대해서는 완벽하게 그 기작이 해명되지 않고 있지만 육의 변색은 근본적으로 Mb의 산화로 인한 MetMb의 형성과 지질 산화비율과 관계가 있는 것으로 추정된다(Renerre, 1999). 즉, 냉수침지시킨 방법이 육색소의 산화율을 낮추어 육색에 대한 안정성이 있는 것으로 사료되며 이러한 경향은 본 실험의 다음에 나타난 지방산 패도 결과에서도 밀접한 연관성이 있는 것으로 나타났다.

진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 TBARS값에 미치는 영향은 Fig. 2에 나타내었다. 저장기간 동안 처리구 모

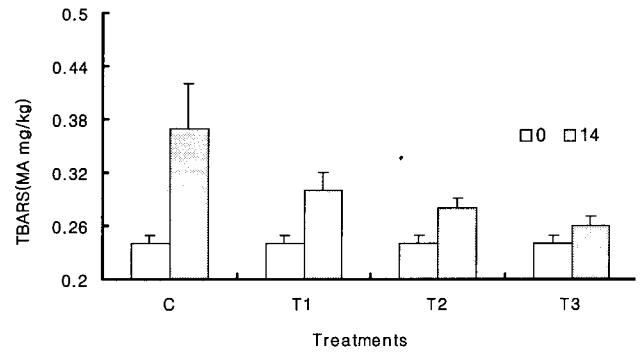


Fig. 2. Changes in TBARS value of beef during storage. C:Conventional refrigerator at 4°C, T1:Conventional refrigerator at 1°C, T2:Submersion in chilled water at 4°C, T3: Submersion in chilled water at 1°C.

두 TBARS 값은 증가하였으며 냉수침지시킨 T2 와 T3가 일반공기순환냉장고에 저장한 대조구와 T1에 비해 유의적으로(p<0.05) 낮은 TBARS값을 나타내었다. 같은 저장방법 중 일반공기순환냉장고인 대조구와 T1 사이에서도 온도에 따른 차이를 보였다. 즉 온도 4°C인 대조구가 온도 1°C인 T1에 비해 높게 증가하였다. 이와 같은 결과는 냉수침지시킨 처리구 간에서도 비슷한 경향을 보였다.

불포화지방산의 일정량이 산화가 되면서 육내에 축적하게 되면 육질은 저하된다. 육의 지방산화는 육의 품질을 결정짓는 중요한 요인 중에 하나로 지방산화는 향, 연도, 영양적 가치 및 육색을 저하시킨다(Kanner, 1994). Chan 등(1997)에 의하면 지방산화 초기반응에서는 초기반응을 가능케 하는 물질인 tyroxin-peroxyl 라디칼기(Newman 등, 1991)가 생성되며 이러한 라디칼기는 육색소에 영향을 주게 된다. 반대로 Batifoulier 등(2002)은 Myoglobin의 산화는 지방산화에 의해 유도되는 것이 아니라 지방산화는 활성화된 metmyoglobin에 의해 유도된다고 보고하였다. 본 실험 결과에서도 지방

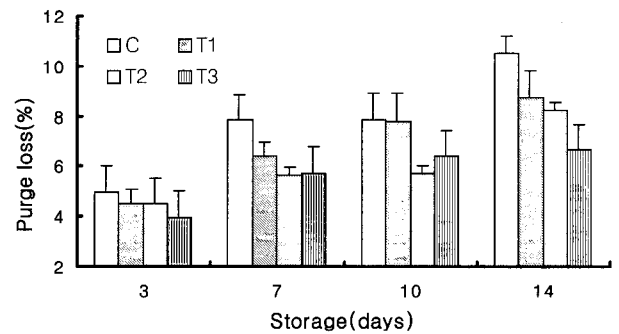


Fig. 3. Changes in purge loss(%) of beef during storage. C:Conventional refrigerator at 4°C, T1:Conventional refrigerator at 1°C, T2:Submersion in chilled water at 4°C, T3: Submersion in chilled water at 1°C.

산화와 metmyoglobin 형성은 상관관계가 있는 것으로 사료되며 냉수침지 숙성방법이 지방의 산화를 억제시킨 것과 동시에 육색소의 산화를 또한 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 포장감량에 미치는 영향은 Fig. 3에 나타내었다. 포장감량은 저장기간동안 모든 처리구가 증가하였으나 냉수침지한 T2와 T3가 일반공기순환 냉장고인 대조구와 T1에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 낮게 나타났다. 식육의 품질이란 인체에 유익한 영양소 함량, 기호성, 외관 및 보수성 등을 포함하며 특히, 보수력은 동물의 종, 품종, 성별, 성숙도 및 사후처리 등에 따라 달라지며 식육의 품질과 함량에 영향을 미친다(Kauffman 등, 1964). 본 실험결과 냉수침지하여 숙성하였을 때 물에 의해 부과되는 압력으로 진공포장 내의 압력이 줄어들어 저장기간동안 진공포장 내의 물리적인 포장압력이 적고, 냉수에 침지했을 때 온도의 변이($\pm 0.5^\circ\text{C}$)를 줄여 포장 감량이 감소한 것으로 사료된다. Kauffman 등(1986)은 식육내 존재하는 물은 화학적으로 다른 분자와 매우 단단하게 결합되어 있기도 하며, 다른 분자에 느슨하게 결합하거나 외부 환경에 따라서 세포 외 공간에 자유롭게 이동하기도 하는데, 물리적 처리에 의해 보수력이 영향을 받게 된다고 하였다. 또한 Taylor(1985)는 진공포장에서 육즙이 증가하는 원인이나 기작은 아직 밝혀지지 않았으며, 다만 진공에 의한 물리적인 힘에 의해 육즙의 유리가 증가한다고 하였다. 이러한 결과로 보아 냉수침지 방법이 포장감량을 낮추는데 상당한 영향을 미친 것으로 사료된다.

진공포장 한우육의 냉수침지 숙성방법이 총육색소 함량에 미치는 영향은 Table 2에 나타내었다. 총육색소의 함량은 저장기간의 증가에 따른 차이와 처리방법에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 육색소 마이오글로빈의 함량은 종류, 품종, 연령, 성별, 근육부위, 운동상태, 영양 상태에 등에 따라 다르게 나타나는데(Forrest 등, 1975), 일반적으로 우육이나 양고기가 닭고기 및 생선보다 myoglobin의 함량이 높으며, 적색 근섬유는 백색 근섬유보다 높은 마이오글로빈 함

량을 가진다(Hunt 등, 1977). 또한 성별에 따른 육색의 차이는 수컷이 암컷이나 거세한 수컷보다 함량이 많고, 근육부위에 따른 색의 차이는 근육부위에 따라 함량도 달라진다(Renerre, 1984). 즉, 일반적으로 고령, 수소, 적색근 및 운동량이 많을수록 myoglobin 함량이 높다. 본 실험결과에서는 총육색소 함량의 차이가 나타나지 않은 것으로 보아 이는 식육의 포장 및 저장방법 등에 의해 총육색소 함량은 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

요 약

진공포장한 한우육 우둔부위를 1°C , 4°C 의 일반공기순환 냉장고와 1°C , 4°C 의 냉수에 침지하여 3, 7, 10, 14일 동안 저장하였을 때, 처리구간의 물리적 육색(CIE L*, a*, b*)은 크게 변화하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 육색소 산화를 나타내는 MetMb의 함량은 처리구간에 따라 변화를 보여 대조구 (4°C -공기순환)가 가장 빠른 증가를 나타내었으며, 저장 14일째 T2 (4°C -냉수침지)구가 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 MetMb 함량을 보였다. 한편 이런 결과는 지방산화와도 유사한 경향을 보였는데, 대조구 (4°C -공기순환)의 TBARS 수치가 저장기간 동안 가장 빠른 증가를 나타낸 반면, T3 (1°C -냉수침지) 구의 TBARS는 크게 증가하지 않았다. 이러한 결과는 냉수침지 방법이 지방산화와 육색소 산화를 억제시킬 수 있다는 것을 의미한다. 포장감량 또한 공기순환 처리구(Control, T1)가 냉수침지 처리구(T2, T3)에 비해 높게 나타났다. 총 육색소 함량은 전 저장기간 동안 처리구간에 유의적($p > 0.05$)인 차이가 없었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 한우육을 진공포장하여 1°C 냉수에 침지시켜 숙성시키는 방법이 지방산화를 억제시키고 육색소의 안전성을 유지할 뿐만 아니라 포장감량도 줄일 수 있는 숙성법이라고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 교육부 BK21 사업의 지원으로 수행되었기에 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P., and Renerre, M. (2002) Influence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H_2O_2 -activated MetMb in microsomal membranes from turkey muscle. *Meat Sci.*, **61**, 389-395.
- Buege, J. A., and Aust, J. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.*, **52**, 302-310.
- Chan, W. K. M., Faustman, D., Yin, M., and Decker, E. A. (1997) Lipid oxidation induced by oxymyoglobin and metmyoglobin with

Table 2. Changes in total heam pigment content of beef during storage

Treatment ¹⁾	Storage(days)				
	0	3	7	10	14
C	296 \pm 52 ²⁾	318 \pm 74	294 \pm 55	353 \pm 45	328 \pm 76
T1	296 \pm 52	338 \pm 18	286 \pm 53	314 \pm 67	329 \pm 74
T2	296 \pm 52	331 \pm 62	313 \pm 67	347 \pm 44	346 \pm 53
T3	296 \pm 52	269 \pm 56	301 \pm 61	247 \pm 23	294 \pm 31

¹⁾ Treatment are the same as in Table 1.

²⁾ Values were expressed as means \pm SD.

- involvement of H₂O₂ and superoxide anion. *Meat Sci.*, **46**, 181-190.
4. Faustman, C., and Cassens, R. G., Schaefer, D. K., Buege, D. R., Williams, S. N. and Sheller, K. K. (1989) Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation on vitamin E. *J. Food Sci.*, **54**, 858.
 5. Forrest, J. C., Aberle, E. D., Hedrick, H. B., Judge, M. D. and Merkel, R. A. (1975) Principle of meat science, W. H. Freeman & Co., San Francisco.
 6. Hornsey, H. C. (1956) The colour of cooked cured pork. I-Estimation of the nitric oxide haem pigments. *J. Sci. Food Agr.*, **20**, 534-540.
 7. Hunt, M. C., and Hedrick, H. B. (1977) Profile of fiber type and related properties of five bovine muscles. *J. Food Sci.*, **42**, 513-517.
 8. Hur, S. J., Joo, S. T., Oh, S. H., Kim, Y. J., Kim, Y. H., Lee, J. I., and Park, G. B. (2001) Effects of packaging method and storage condition on meat shelf-life and water-holding capacity of pork loin. *J. Anim. Sci. & Technol.*, (kor). **43**(1),121-130.
 9. Husband, P. M. (1982) The history of vacuum packaged meat. *Food Technology in Australia.*, **34**(6), 272-276.
 10. Joo, S. T., and Park, G. B. (2001) Instruments for meat aging. Korea Patent 0295552.
 11. Kanner, J. (1994) Oxidative processes in meat and meat products: quality implication. *Meat Sci.*, **36**, 169-189.
 12. Kauffman, R. G. Carpenter, Z. L., Bray, R. W. and Hoekstra, W. G., (1964) Interrelationships of gross chemical components of pork muscle. *J. Agr. Food Chem.*, **12**, 102-105.
 13. Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., Vander Wal, P. G., Engle, B., and Zaar, M. (1986) A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle. *Meat Sci.*, **18**, 307-311.
 14. Krzywicki, K. (1982) The determination of haem pigments in meat. *Meat Sci.*, **7**, 29-36.
 15. Labadie, J. (1999) Consequences of packaging on bacterial growth meat in an ecological niche. *Meat Sci.*, **52**, 299-305.
 16. Ledward, D. A. (1983) Haemoproteins in meat and meat products. In : Development in food proteins. III(edited by B. J. F. Hudson). pp. 33-68. London: Elsevier Applied science.
 17. Liu, Q., Lanari, M. C. and Schaefer, D. M. (1995) A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *J. Anim. Sci.*, **73**, 3131-3140.
 18. Lynch, N. M., Kastner, C. L., Kropf, D. H. and Caul, J. F. (1986) Flavor and aroma influences on acceptance of polyvinyl chloride versus vacuum packaged ground beef. *J. Food Sci.*, **51**, 256-257.
 19. Newman, E. S. R., Rice-Evans, C. A. and Davies, M. J. (1991) Identification of initiating agents in myoglobin-induced lipid peroxidation. *Biochemical and Biophysical Research Communication.*, **79**, 1414-1419.
 20. O'keefe, M., and Hood, D. E. (1982) Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef from muscles of different color stability. *Meat Sci.*, **7**, 209-228.
 21. Renerre, M. (1984) Variabilite entre cuscles et entre animaux de la stabilite de la couleur des viande bovines. *Sciences des Aliments*, **4**, 567-584
 22. Renerre, M. (1999) Biochemical basis of fresh meat colour. Proc. 45th ICoMST. pp. 344-353.
 23. SAS (1995) SAS/SATT software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, U.S.A.
 24. Taylor, A. A. (1985) Packaging fresh meat. In: developments in meat science, 3(edited by R.A. Lawrie). pp. 89-113. London : Elsevier Applied Science.
 25. Warriss, P. D. (1979) The extraction of haem pigments from fresh meat. *J. Food Technol.*, **14**, 75-80.