

냉장저장동안 돈육 등심의 냉동 및 해동과정이 육색소 산화에 미치는 영향

정진연, 양한술, 이정일¹, 정우철, 박구부, 주선태
경상대학교 동물자원과학부 식육과학연구소
¹경상남도 첨단양돈연구소

서 론

냉동저장방법은 근육식품 저장에 있어서 가장 중요한 보존방법이나, 저장기간 동안 육질의 저하를 원천적으로 억제할 수는 없다. 즉 냉동은 근육조직 내에 얼음결정을 형성하여 근육조직 구조 및 생화학적 기작을 변화시키고 궁극적으로 단백질 변성을 초래한다. 특히, 식육의 소매판매점에서 신선육과 해동육을 냉장저장하면서 비교해 보면, 해동육의 육색이 저장기간 동안에 신선육에 비해 빠르게 갈색화가 진행되는 것을 관찰할 수 있다.

육색소(Myoglobin : Mb) 산화는 식육의 품질을 저하시키는 생화학적 주요 요인 중의 하나이며, 일반적으로 지방 산화는 육색소 산화와 연관이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 본 연구진은 지방산화와 관계없이 냉동 해동된 돈육에 MetMb이 더 빨리 형성되는 것을 관찰하였다. 소매진열 동안의 Mb 산화는 여러 가지 요인과 관련이 있을 뿐만 아니라, 이화학적 및 생화학적 요인이 육의 저장기간 영향을 미친다. 효소들과 다른 성분들은 냉동 및 해동되는 동안 유리되는데, HADH(β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenase)와 같은 효소는 미토콘드리아로부터 근형질내로 유리되어져 나온다⁽¹⁻³⁾. 또한 Decker와 Welch⁽⁴⁾는 근육식품에서 온도에 따라 철 성분이 ferritin으로부터 유리되어져 나온다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 식육의 냉동 해동과정에서 HADH 효소 활성이 변화하여 지방산화와 관계없이 MetMb의 형성이 촉진될 수 있다는 가설을 세우고, 이를 증명하기 위해 돼지 등심근을 냉동 해동시켜 육색소 산화에 관련된 효소적 기작변화를 알아보았다.

재료 및 방법

공시재료 및 시료처리

산업적으로 도축된 돼지를 10두를 무작위로 선정하여 사후 24시간에 등심근(*longissimus lumborum*)을 채취하여 공시재료로 하였고, 시료에 이용된 샘플은 두께 3cm의 steak로 제조하였다. 채취된 시료는 polyethylene bag으로 포장하였고, 포장된 각각의 시료 샘플은 냉동 유무 및 냉동해동 방법에 따라 대조구와 처리구로 나누었다. 포장된 처리구 중 냉동하지 않은 것을 대조구 T1으로 하였고, 그 외의 처리구들은 -65℃에 2시간 급속 냉동한 뒤, 2시간 동안 상온(15℃)에 해동한 처리구는

T2로 하였고, 이 방법을 두 번 반복한 처리구는 T3로 나누었다. 해동된 다음, 7일 동안 냉장(4°C)에 저장하면서 육색소 화학적 상태(Deoxy Mb%, OxyMb%, MetMb%), 표면 육색(CIE L*, a*, b*), 지방산 패도(TBARS), HADH(β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenase) 효소, 해동감량(%) 및 육색소 함량(mg/g)의 변화를 조사하였다.

조사항목

육색은 Minolta chrometer (Minolta CR-300; Tokyo, Japan)을 이용하여 동일한 시료를 7번 반복하여 측정하였다. Myoglobin은 시료 5g에 phosphate buffer 20ml을 가하여 추출하였다. 시료를 균질화 시키고, 원심분리시킨 뒤, 상층액을 회수하였다. 회수된 상층액은 spectrophotometer를 이용하여 572, 262, 545, 525nm에 측정하여 계산하였다. 지방산화는 TBARS 값으로 측정하였다. 분쇄된 시료 5g에 BHT 50 μ l와 증류수 15ml를 가하여 균질시켰다. 균질화 된 용액 1ml에 TBA시약 2ml를 가하여 15분 동안 가열시켰고, 15분간 원심분리 시킨 후 spectrophotometer를 이용하여 531nm에서 측정하여 계산하였다.

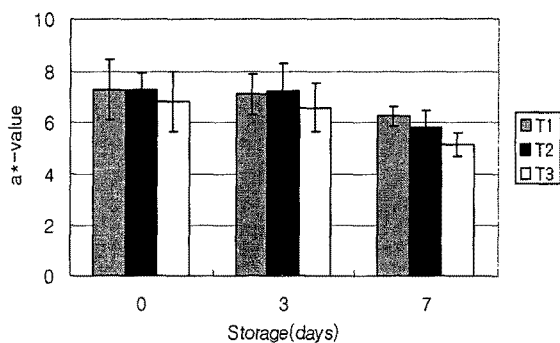
HADH(β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenase) 효소활성도는 Fernandez 등⁽⁵⁾ 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 2~3g을 0.1M phosphate buffer에 침지시킨 후, 용액을 추출하였다. 추출된 용액 34 μ l에 EDTA 70 μ l(34.4ml), phosphate buffer 880 μ l(0.1M, pH 6.0), NADH 20 μ l(1.5 mM), acetoactyl-CoA 20 μ l (5.9 mM)을 가하여 spectrophotometer를 이용하여 340nm에 측정하여 계산하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 저장기간에 따른 처리구들의 육 표면의 적색도(a*-value)를 나타낸 것으로, 냉동시키기 전의 모든 처리구들은 유의적 차이가 없었지만, 저장 7일 후에는 냉동 해동시킨 처리구들(T2, T3)이 냉장되지 않은 처리구(T1)에 비해 유의적(p<0.05)으로 낮게 나타났으며, 일반 냉장 저장한 처리구(T1)은 높은 적색도를 나타내었다. 이 같은 결과는 Mb의 화학적 상태(OxyMb%, MetMb%)에서도 동일하게 반영되었는데, 냉동하지 않은 처리구의 MetMb%은 냉동 및 해동한 처리구(T1, T2)들에 비해 유의적(p<0.05)으로 낮은 것으로 나타났다(Fig. 2). 일반적으로 Mb의 산화와 지방산화는 밀접한 연관이 있으며 지방산화에서 생성되는 지방산화물 등이 육색소 산화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서도 육색소 산화와 연관이 있을 것으로 생각되어 지방산패도(TBARS)를 측정하였지만, 지방산패도(TBARS)에서는 차이가 없었다(Fig. 3). 그러나 HADH(β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenase) 효소활성도는 대조구와 처리구간에 유의적 차이가 나타났다(Fig. 4). 이러한 결과는 냉동과 해동이라는 과정을 통해 육색소 산화 및 MetMb이 형성이 촉진되었지만 지방산화는 육색소 산화에 영향을 미치지 않았음을 의미한다. 즉, 냉동과 해동이라는 과정은 지방산화에 영향을 미치지 않았고, 육색소의 자동산화만 촉진된 것으로 사료된다.

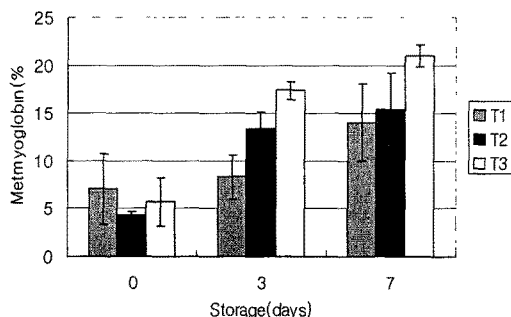
식육의 해동과정 중 근세포 내 금속 이온 및 철 성분의 위치변화가 MetMb 형성에 기여할 수도 있다. Decker와 Welch⁽⁴⁾는 근육식품에서 온도에 따라 철 성분이 ferritin으로부터 유리되어져 나온다고 하였다. 따라서 냉동과 해동이라는 물리적인 충격으로 인한 세포내의 생화학적 변화로 인하여

육색소 산화가 영향을 받은 것으로 사료된다. 본 연구에서는 냉동 해동과정을 통해 HADH가 증가한다는 것을 확인 하였다. HADH(β -hydroxyacyl CoA-dehydrogenase)는 Mitochondria에서 NAD^+ (Nicotinamide adenine dinucleotide)를 이용하여 NADH(Reduced nicotinamide adenine dinucleotide)를 생성시킨다. 이때 생성된 NADH(β - hydroxyacyl CoA - dehydrogenase)는 mitochondria의 이중막으로 이동하여 전자전달효소로 이용되며, 이때 Mb 환원효소로서 작용하게 된다. 결국 사후 NAD가 Mb 환원에 관여함으로써 육색의 안정성에 영향을 미친 것으로 사료된다. 이러한 결과를 종합해 볼 때,



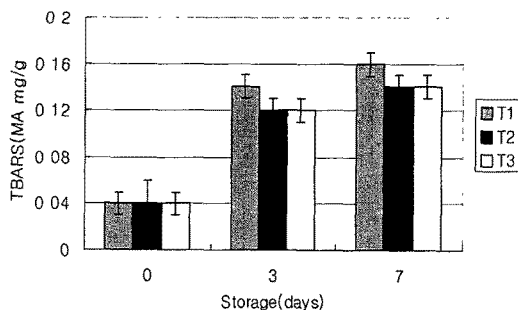
T1: Cold Storage, T2: freeze-thaw one cycle, T3: Freeze-thaw two cycles

Fig. 1. Changes in CIE a* value on surface of bloomed pork loin for 7days of cold storage.



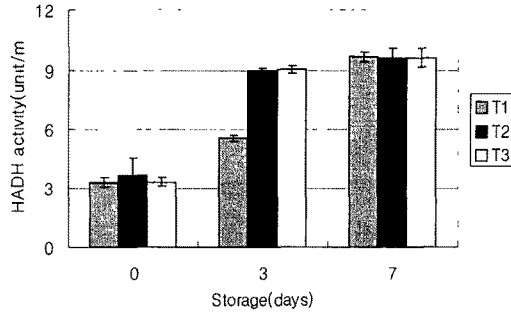
T1: Cold Storage, T2: freeze-thaw one cycle, T3: Freeze-thaw two cycles

Fig. 2. Changes in Metmyoglobin(%) of pork loin for 7days of storage.



T1: Cold Storage, T2: freeze-thaw one cycle, T3: Freeze-thaw two cycles

Fig. 3. Changes in TBARS of pork loin during cold storage.



T1: Cold Storage, T2: freeze-thaw one cycle, T3: Freeze-thaw two cycles

Fig. 4. Changes in NADH Activity of pork loin during cold storage.

MetMb의 형성은 지방산화에서 영향을 받는 것이 아니라 냉동 해동이라는 과정을 통해 효소들이 유리되어져 나와 육색 변성에 영향을 미친 것으로 생각된다. 하지만 보다 구체적인 기작 구명에 대해서는 더욱 다양하고 세밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

해동육은 신선육에 비해 냉장저장 중 지방산화와 관계없이 육색소 산화가 촉진된다. 그 이유는 냉동 및 해동이라는 외부 및 물리적인 충격에 의해 근육세포 내에 증가된 HADH가 MetMb 형성에 영향을 미친 결과로 사료된다.

참고문헌

1. Goteesmann, P. and Hamm, R. (1984) *Zeitschrift Fur Lebensmittel-suntersuchung Und-forschung*, **178(5)**, 336-370.
2. Chen, M. T. et al. (1998) *Meat Sci.*, **24**, 223-226.
3. Toldra, F. et al. (1991) *Meat Sci.*, **29**, 177-181.
4. Decker, E. A. et al.(1990) *J. Agric. Food. Chem.*, **38**, 674-677.
5. Fernandez, M. et al. (1999) *Eur Food Res Technol.*, **209**, 205-208.