

녹육의 물리화학적 특성

세키카와 미츠오 / 오비히로 축산대학

6. 색 및 안정성

6-2 결과 및 토의: CIELAB 색상 값(color value)이 Table 4에 표시되어 있다. 본 예비 연구에서 SDS-PAGE의 30kDa band 양태 전단력 및 근원섬유(筋原纖維)의 분열(分裂)에 비추어 7에서 10일이 되어야 사슴고기의 조절이 완성되었기 때문에 CIELAB 색상 값은 7일까지 측정하였다. 이러한 특성은 예소 사슴 보다 체중이 약간 작은 일본 사슴에 대한 Watanabe의 보고서(1993)의 내용과 유사한 것이다. 그리고 평균 색상 값도 Minolta Chromo Meter CR200b(Stevenson 등, 1991)를 이용하여 측정한 레드디어 육의 값과 유사했다. LD(Longissimus muscle, 최장근)와 GF(Quadriceps femoris muscle, 대퇴골 사두근)의 3개 평균 값은 사후 1 또는 2일째에는 증가하였으나 저장기간 중 다시 감소하였다. 1과 7일 사이의 차이는 L^* 와 b^* 값 보다 a^* 값에서 더 크게 나타났으며 저장기간 사이의 평균 차이는 LD의 b^* 를 제외하고는 a^* 에 대해서만 유의(有意, significant)한 값이었다.

L^* , a^* 및 b^* 색 공간(color space) (CIELAB)이 현재 수육의 색상을 측정하는데 가장 많이 이용되는 색 측정 시스템의 하나이다. L^* 는 밝기를 나타내고 a^* 와 b^* 는 색도 좌표를 나타내는데: 양성(陽性) 영역에서 a^* 축은 붉은 색 방향 b^* 축은 노란 색 방향을 나타낸다. b^* 가 a^* 쪽으로 회전하면 붉은 색이 증가하고 예를 들면 색조 각(色調角)(hue angle)이 증가한다. a^* 와 b^* 가 높은 것은 원점과 측정 점과의 사이가 증가함에 따라 나타나는 현상인데 채도(彩度)가 높다는 것을 의미한다. 예를 들면 고 순도(高純度)의 밝은 색을 나타낸다. 그러나 본 연구에서는 사후 0 일째를 제외하고는 저장기간 사이에 L^* 와 b^* 의 유의한 평균 차이는 관찰되지 않았다. 저장기간 사이에 a^* 의 평균 값만이 유의한 값이었다. L^* 과 b^* 보다 a^* 에서 차이가 더 크게 나타나는 현상은 냉장저장기간의 사슴고기(Stevenson 등, 1989)와 소고기(Sekikawa 등, 1996)에 대해서도 동일하다는 보고가 있었다. a^* 값의 감소는 처음에는 밝은 적색의 고기가 met-Mb의 형성으로 적갈색으로 변했음을 나타내는 것이다.



본 연구에서 사후(死後) 1일에서부터 7일일 때까지 a^* 의 감소율을 분석하고 이를 소고기의 a^* 감소율과 비교하기 위해서 다음 값을 계산하였다: 감소 % = $(7일째\ a^*/1일째\ a^*) \times 100$; 평균 사이의 차이 = $7일째\ a^* - 1일째\ a^*$. 이 결과가 테이블 5에 표시되어 있다. 이 결과는 Trout와 Gutzke(1996)의 보고내용과 유사한데 이러한 이유로 사슴고기의 탈색율이 소고기의 그것보다 더 큰 것이다. 저장 환경 종(種) 및 근육에 따라 탈색율의 변화가 매우 크다는 사실이 발견 확립되었다 (Renner 및 Bonhomme, 1991; Lawrie, 1998).

Mb의 자체 산화(自體 酸化)율이 고기의 색상 안정성에 영향을 미치는 요소라고 생각된다. 그러므로 연구가 여러 가지 방법으로 실시되었는데 최근에 Trout와 Gutzke(1996)가 oxy-Mb를 분리 순화하기 위한 간단하고 신속한 저장 방법을 제안하였다. 그들은 또 알칼리 상태(pH 8.0)에서 정화한 oxy-Mb가 가장 안정성이 높아 Met-Mb에 변화를 일으키지 않으며 자체 산화율도 돼지고기와 소고기와 유사했다. 그러나 말의 Mb가 모든 가축들 가운데 자체 산화가 가장 빠르기 때문에 사슴과 말고기 사이의 색상 안정성을 비교하고자, 본 연구에서는 옛날 방식을 사용하였고 그리고 원 상태의 소고기 pH를 반영하기 위해서 pH 6에서 원 Mb를 사용하였다. 사슴과 말 사이에 Mb의 순도는 다르지만 1%의 수준에서 Student t-test를 이용하여 테스트한 자체 산화율에는 의미 있는 차이를 발견

할 수 없었다. 일반적으로 Mb 순도가 증가하면 자체 산화율도 증가하는 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서는 사슴의 산화율이 말의 그것보다 더 높았다 (Table 6).

각각의 특수 조의 근육 전시(展示) 수명에 차이가 나는 이유에 대하여 연구자들 사이에는 의문이 크고 종의 변화성 사이의 이유도 별로 이해되지 못하고 있다 (Lawrie 1998). 쇠고기와 예소 사슴고기의 색상 안정성은 아직까지 비교해 본 일이 없다. 현 연구 결과를 통해서 쇠고기와 사슴 근육의 색상 안정성이 다르다는 것을 알게 되었다. 종 사이의 색상 안정성에 커다란 차이가 나는 이유로 종 사이에 근육의 대사(代謝) 차이를 들고 있다. 대체로 사슴고기는 근육의 동적 기능이 다른 종과 비교하면 종은 다르나 유사한 근육 사이에서 색상 안정성의 차이가 관찰되는 이유라고 생각할 수도 있다.

일본에서는 허리와 허벅지와 같은 부위의 고품질의 사슴고기에 대한 수요는 상당하지만 어깨, 목 둘레, 정강이 및 양지 머리와 같은 저품질 부위의 고기에 대한 수요는 매우 적고 이것의 재고량도 매우 크다. 일본에서 사슴고기의 수요를 개선시키기 위해서는 저품질 부위의 가치를 제고시키고 고품질 부위의 가격은 내리는 것이 중요하다. 그러므로 색상 안정성이 낮기 때문에 사슴고기에 대한 가공 방법과 적절한 저장 조건을 연구하는 것이 중요하다.

Table 4. 저장 기간의 색상 값(CIE L* a* b*)의 변화

(Change of color values (CIE L* a* b*) during storage)

LD	MEAN	L*		a*		b*	
		SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
0	37.25	3.26 ^{ab}	11.63	1.34 ^{ab}	6.44	0.57 ^b	
1	39.43	2.57 ^a	12.51	0.83 ^a	8.53	0.68 ^a	
2	39.45	1.92 ^a	10.72	0.89 ^{ab}	7.89	0.83 ^b	
3	38.86	2.09 ^a	9.66	1.03 ^{abc}	7.60	0.93 ^{ab}	
5	38.47	2.37 ^a	8.41	1.08 ^{bc}	7.25	1.07 ^{ab}	
7	38.62	2.61 ^a	7.78	1.01 ^c	7.05	1.36 ^{ab}	
QF	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	
0	38.05	2.99 ^a	13.10	1.59 ^a	7.17	0.86 ^a	
1	39.74	3.08 ^a	13.26	0.95 ^a	9.17	1.19 ^a	
2	40.45	2.71 ^a	11.56	1.03 ^{ab}	8.53	1.23 ^a	
3	39.17	3.25 ^a	10.90	1.14 ^{ab}	8.65	1.26 ^a	
5	39.01	2.85 ^a	9.74	0.85 ^{bc}	8.05	0.98 ^a	
7	38.62	2.83 ^a	9.03	0.83 ^{bc}	7.49	0.92 ^a	

LD: longissimus muscle; QF: quadriceps femoris muscle
Mean with small character (a-c) within column not statistically different at the level of 5 %.

Table 5. 저장 기간동안 사슴고기와 소고기 사이의 a* 값 변화 비교

(Comparison of a* value changes during storage between venison and beef)

	Mean	a		b		Purity Mean
		SD	Range	Mean	SD	
Deer	0.037	0.005	0.032-0.046	1.994	0.003	4.0
Horse	0.026	0.003	0.023-0.029	1.994	0.006	5.6

% Decrease = a^* on 7 day / a^* on 1 day x 100
Diff. (difference between means) = a^* on 7 day - a^* on 1 day
LD: longissimus muscle; QF: quadriceps femoris muscle

Table 6. 야생 예소 사슴과 말고기의 Mb 순도 및 자체 산화율

(Autoxidation rate and Mb purity of wild Yeso deer and horse meat)

	Mean	a		b		Purity Mean
		SD	Range	Mean	SD	
Deer	0.037	0.005	0.032-0.046	1.994	0.003	4.0
Horse	0.026	0.003	0.023-0.029	1.994	0.006	5.6

$y = a x + b$ (a: incline, b: intersection),
Mean Purity (A 409/A 280 nm) of Deer Mb obtained from 3 male deer and that of horse (sigma), and Autoxidation rates were recorded at least in duplicate for each samples.

9. 조절(Conditioning)

식용 동물의 성장 그들 근육의 발달 및 변이 방법을 고려한 "근육(muscle)"과 "고기(meat)" 용어 사이에 구별을 강조하지는 않았다. 육은 비록 그것이 사후의 모습인 근육의 화학적 구조적 특성을 대체로 반영하는 것이지만 동물이 죽으면 근육에서 일련의 생화학적 생물리적 변화가 시작되기 때문에 근육과는 다르다. 스트레스를 받은 동물은 그들의 근육에 글리코젠 함량이 보통 이하가 되어 사후에는 그들의 살의 pH가 산성 값을 유지하지 못하고 수육의 저작(咀嚼, eating) 특성이 악영향을 받는다. 고기에 대한 바람직한 저작 및 보관 품질의 주요 요건은 가능한 한 많은 양의 피를 도살된 몸체에서 제거하는 것인데 피가 걸 모양을 불쾌하게 만들고 또 미생물 성장의 온상이 되기 때문이다.

죽으면 혈액의 순환이 정지되어 근육 조직 내에서는 일련의 복잡한 변화가 시작된다. 동물이 죽는 순간에는 전체적으로 여러 가지 조직이 자체의 특유한 대사를 국부적으로 계속한다. 이때 근육은 적극적으로 수축되지는 않지만 분해하려는 그것들의 자발적인 경향에 대항하여 세포의 조직적인 일관성과 온도를 유지하기 위해서 에너지가 사용된다. 출혈에 기인한 가장 즉각적인 변화는 근육에 혈액에 들어 있는 산소 공급이 중단되어 산화 환원 전위차가 떨어지는 것이다. 이에 따라 시토크롬(cytochrome, 산화 환원에 작용하는 색소 단백질) 효소 시스템의 작동이 정지되고

ATP(Adenosine triphosphate, 아데노신 三磷酸) 합성이 불가능하게 된다. 미오신(myosin, 붉은 근육 미세섬유)의 비수축 ATP-ase의 작용이 계속되어 ATP 레벨이 경감되고 동시에 무기 인산염이 생성되어 글리코젠을 분해하여 젖산(lactic acid)으로 변형시킨다. 혐기성 당분해(嫌氣性 糖分解, anaerobic glycolysis)에 의한 ATP의 불필요한 재합성은 ATP 수준을 유지시키지 못하여 이것이 떨어지므로 악토미오신(acto-myosin, 근수축 단백질)이 형성되고 사후 경직(rigor mortis)의 불 확장성이 나타난다. 저감(低減)된 ATP로 인하여 단백질의 구조적 일관성이 유지되지 못한다. 젖산의 축적에 기인된 pH 값의 감소도 그것들을 변성시킨다. 수분과 떨어지는 pH를 결합하는 힘의 손실과 함께 흔히 발생하는 변성이 근육원섬유 단백질(myofibrillar protein)이 그들의 등전점(等電點, isoelectric point)에 이르게 한다. 이 두 가지가 삼출(滲出, exudation)의 원인이다. 근형질 단백질(sarcoplasmic protein)의 변성도 근육의 카텝신(cathepsin)이나 프로테아제(protease)에 의한 공격을 유발하게 되는데 이는 아마도 리소좀(lusosome, 세포질 내의 가수분해 효소)이라고 알려진 과립으로 생체 내에서 활성화 되지 못할 것이나 떨어지는 pH로 인하여 입자의 막이 약화되면 해방되어 활성화 된다.

〈다음호에 계속〉