

전자선 조사가 포장방법을 달리한 한우육의 이화학적 특성에 미치는 영향

박태선 · 신태순* · 박구부¹ · 오성현¹ · 이정일²

부산대학교 동물자원학과, ¹경상대학교 축산과학부, ²경상남도 첨단양돈연구소

Received November 9, 2006 / Accepted December 26, 2006

Effects of Electron-Beam Irradiation on the Physico-chemical Properties of Hanwoo Meat. T. S. Park, T. S. Shin*, G. B. Park¹, S. H. Oh¹ and J. I. Lee². *Department of Animal Science, Pusan National University, ¹Division of Animal Science, Gyeongsang National University, ²Advanced Swine Research Institute, GyeongNam Province* – This study was carried out to investigate the effect of Electron Beam irradiation on physico-chemical characteristics of Hanwoo meat. A total of six beef carcasses (280~300 kg) that were quality grade 1⁺ (marbling score No. 7, meat color No. 4, maturity No. 1, texture No. 1) was purchased at the commercial slaughter house. The carcasses were transported and washed using high pressure water, and pasteurized with 50% ethyl alcohol in the laboratory. After the carcasses were deboned and trimmed, loin and round were taken out to make steak (1.5 cm thickness) or patty respectively. Samples were wrap or vacuum packaged and irradiated with 0, 3, 4.5, 6 and 7.5 kGy using electron-beam accelerator. Irradiated samples were used to measure pH, moisture, crude protein, crude fat, and meat color. There was no significant ($p>0.05$) difference in pH between vacuum packaged (VP) and wrap packaged (WP) treatment, and the pH was not changed by electron-beam irradiation levels. Both control and irradiated treatments of steak showed higher tendency in moisture content. In crude protein content, control was higher than irradiated treatment in steak, but there were no difference in patty. Lightness (L^*) of meat color has no difference between irradiated and non-irradiated treatment ($p>0.05$). The value of redness and Yellowness of meat was dropped by increasing irradiation ($p<0.05$), but there was no difference between control and 3 kGy treatment ($p<0.05$).

Key words – Electron-beam, irradiation, hanwoo, meat, vacuum

서 론

자유무역의 기조 아래서 우리나라는 식육 자급율이 낮아 전체 육류 수요량의 1/2 이상을 수입에 의존하고 있어서 세계 각국에서 발생하는 모든 식품 전염병에 노출되어 있다고 할 수 있다[24]. 1998년 10월 *E. Coli* O-157에 감염된 사람이 국내 최초로 발생되기도 하여 식육의 안전성에 경종을 울리기도 하였고, 최근에는 신종 질병과 바이러스로 인해서 축산 식품의 안전성에 큰 관심이 집중되고 있다.

최근에 이용되고 있는 전자선의 조사가 식품의 저장기간 연장을 위한 방법으로 최초로 시도된 것은 1896년이요[18], 1905년에 미국과 영국에서 식품의 보존을 위한 방법으로 특허 등록이 되었으며(US Patent No. 788480, Brit. Patent No. 1609), 1921년 돈육 내의 선모충(*Trichina*)을 죽이는데 이용하였으나 상업화는 이루어지지 않았다. 전자선의 조사에 대해서 부정적인 흐름은 제 2차 세계대전 후까지 지속되다가 1955년 미국방성에서 긍정적으로 인정하면서부터 연구가 진행되었고, 1981년에 비로소 WHO에서 사용을 인정하게 되었다[20].

식품 조사기술의 이용은 감마선, 전자선 등의 생물학적 작용을 근거로 식육의 저장기간 연장, 위생적 품질 개선 등의 목적을 달성할 수 있어 1950년대 이래로 현재 식품산업에 이용되고 있는 어떠한 저장, 가공기술보다도 체계적이고 과학적인 방법에 의해 연구되면서 '80년대 이후 WHO/FAO/IAEA[20], Codex 식품규격위원회[2], 미국 FDA/USDA[3], 우리나라 보건복지부[22] 등에 의해 사용이 허가 권장되고 있다.

본 연구는 최근 식품의 안전성에 대한 관심이 고조되면서 위생적인 식육생산을 위한 방법으로 가속기 광선의 발생·이용기술의 진보에 의하여 각종 입자선의 새로운 이용에 관한 연구개발이 각 분야에서 활발하게 진행되고 있는 전자선(electron-beam)을 한우육의 steak와 patty에 조사하여 이화학적 특성의 변화에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

원료지육

실험에 사용된 지육은 경상남도 김해소재 (주)태강산업 도매시장에서 등급 판정된 한우 암소 중 육질등급 1⁺ 등급 판정(근내지방도 No. 7, 육색 No. 4, 지방색 No. 4, 성숙도 No. 1, 조지방 No. 1)을 받은 도체중 280~300 kg의 냉장시킨 냉도체 지육(6두)을 구매하여 사용하였다.

*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5514, Fax : +82-55-350-5519

E-mail : tsshin@pnu.ac.kr

원료육 처리

24시간 냉장시킨 냉도체 지육은 초기오염을 최소화하기 위하여 1차 수도물로 고압수세한 후 70% 에틸알콜로 2차 소독하였다. 소독한 지육은 "소 및 돼지고기 부분육 분할 정형 지침서"(축산기술연구소)에 의거 분할 및 정형하여 진공포장(PVC nylon 3방)한 후 3일간 냉장보관(1±1°C)하였다. 냉장보관된 등심근은 1.5 cm 두께의 steak로 재정형하고, 우둔부위는 grinding(7 mm plate/2 times)하여 patty를 제조하였다. Steak와 patty는 PVDC 진공포장지(5 cc</24 hrs/1 atm)와 PVC-wrap으로 각각 포장하여 전자선 조사시료로 이용하였다.

전자선 조사 및 실험구 설정

전자선 조사는 (주)삼성중공업(대전소재)에서 전자선가속기(electron-beam accelerator)를 이용하여 실온(20±2°C)에서 조사하였다. 전자선 조사의 선량은 1 Mev의 에너지 수준으로 투과 높이를 고려하여 각각 1회씩 뒤집어서 3, 4.5, 6, 7.5 kGy의 흡수선량을 조사하였다. PVDC와 wrap으로 포장된 한우 steak, patty를 0, 3, 4.5, 6, 7.5 kGy의 선량으로 조사한 후 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

시료의 pH 측정

마쇄한 시료 10 g을 증류수 90 ml와 함께 Polytron homogenizer(MSE, U.S.A.)로 14,000 rpm에서 1분간 균질하여 pH-meter(Metrohm 632, Swiss)로 측정하였다.

수분함량 측정

함유수분은 102±2°C의 drying oven에서 24시간 건조 후 중량을 측정하여 건조전 시료중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

조단백질 측정

조단백질 함량은 micro kjeldahl 방법으로 측정하였다. 102±2°C의 drying oven에서 24시간 건조한 시료를 잘게 마쇄하여 시료 1 g에 산화촉매제(K₂SO₄ : CuSO₄ = 9 : 1)와 Conc. H₂SO₄를 첨가하여 분해한 후 auto-Kjeldahl system (Büchi, Germany)으로 증류, 적정하였다. 이때의 조단백질 함량은 아래의 식으로 계산하였다.

$$Crude\ protein = N(\%) \times 6.25$$

조지방 측정

조지방 함량은 Folch 등[4]의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 2 g을 50 ml test tube에 넣고 Folch I(chloroform : methanol = 2:1)용액을 20 ml 넣고 homogenizer에서 14,000 rpm으로 30초간 균질화한 다음 15 ml로 homogenizer(polytron) 균질봉을 세척하여 뚜껑을 막고, 4°C 냉장고에서 20분 간격으로 흔들며, 2시간 동안 방치하였다. 균질화된 시

료는 Whatman No. 1 filter paper를 이용하여 100 ml mass cylinder에 여과한다. Mass cylinder의 눈금을 읽고 여액의 25%에 해당하는 0.88% NaCl을 첨가하여 격렬히 흔들어준 이후 1시간 방치한다. 이때 Folch II(chloroform : methanol : H₂O = 3 : 47 : 48)용액 10 ml로 mass cylinder 벽면을 세척한 후 눈금(a)을 읽었다. 상층을 aspirator로 제거하고 하층의 여액 10 ml를 이미 무게를 측정하여 둔 수기(b)에 넣고 drying oven에서 건조한 후 무게(c)를 측정한다. 계산식은 다음과 같다.

$$Crude\ fat(\%) = \frac{(c-b) \times 10/a}{Sample(g)} \times 100$$

육색(Color) 측정

시료의 단면을 Chromameter(Minolta Co. CR 301, Japan)로 Hunt L*, a*, b* 값을 측정하였다. 이때 표준색판은 L* = 89.2, a* = 0.921, b* = 0.783으로 하였다.

통계처리

실험에서 얻어진 성적은 SAS/PC+를 이용하여 T-test, 분산 분석, Duncan의 다중검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

전자선 조사 후 pH의 변화

한우 냉장육을 전자선 조사하였을 때 pH의 변화에 대하여 Fig. 1에 나타내었다. Steak 진공포장과 합기포장의 경우 조사선량이 증가함에 따라 pH는 큰 차이를 보이지 않았고 진공포장에서 7.5 kGy 조사시에 가장 높은 수치를 나타냈으나(p<0.05), 선량에 큰 차이는 없었다. Patty의 경우도 수치적인 상승은 있었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다(p>0.05). 같은 결과로 신선우육의 경우 pH는 온도, 조사처리 유무에 따른 유의성이 인정되지 않았다는 Lee 등[12]의 보고와 유사하였으며, 정 등[24]도 저수준 전자선을 조사한 우육의 경우에 일관된 경향이 없다고 하였다.

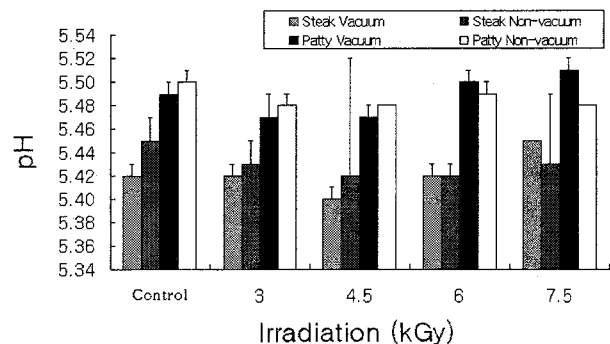


Fig. 1. pH of Hanwoo fresh meat treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation.

전자선 조사 후 함유수분의 변화

전자선 조사에 따른 함유수분의 변화는 Table 1에 나타내었다. Steak는 진공포장구의 경우 비조사구가 전자선 조사구에 비하여 함유수분량이 높게 나타났으며, 조사수준이 증가하면서 수분함량은 감소하였다. ($p < 0.05$). Patty 진공포장구와 합기포장 모두 조사선량의 증가에 따른 차이는 없었다 ($p > 0.05$). Steak와 patty와의 비교에서는 전자선 조사구와 비조사구 모두 steak에 비하여 patty가 높은 경향을 나타내었다. 이는 전자선 처리와 무관하게, patty로 사용된 우둔부위와 steak로 사용된 등심부위의 부위 차이에 기인한 것으로 생각되며, 이에 관하여 Schon과 Strosiek[17]는 우육의 수분함량은 도살 후 시간의 경과 저장시간, 온도 및 육의 종류에 다르다고 하였다. Patty의 함유수분은 포장, 비포장 및 조사수준 등에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

전자선 조사 후 조단백질의 변화

Table 2는 전자선 조사한 한우 냉장육의 조단백질 함량을 나타낸 표이다. Steak 진공포장의 경우 비조사구가 가장 높

게 나타났으며, 조사수준이 높아질수록 낮아지는 경향을 나타내었다($p < 0.05$).

Steak 합기포장의 경우도 비조사구가 조단백질 함량이 가장 높게 나타났으며, 전자선 조사구들은 비조사구에 비하여 낮은 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 전자선 조사에 따른 단백질의 변화를 의미하며, 거대분자수준에는 영향을 미치지 않으나, 미세한 어떤 변화에 의해 차이가 난 것으로 생각된다. 이에 관하여 Giddings와 Markakis[5]는 조사(irradiation)는 단백질의 1차 구조와 그 이상의 구조에 영향을 미친다고 보고하였으며, Yook 등[21]은 단백질을 주성분으로 하는 식품에 방사선을 조사할 경우 생성된 free radical이 연쇄 반응하여 단백질 분자가 고분자화 또는 단편화되며, 물 분자에서 생성된 hydroxy radical(OH)에 의해 단백질을 구성하는 아미노산과 각종 결합이 형성된다고 보고하였다. 또한 단백질의 분해에 관여하는 단백질 분해효소의 SDS-band의 관찰로 수용상태의 단백질이 방사선 조사에 감수성이 높다고 한 보고[21]로도 잘 나타나며, 식육의 수분함량이 70% 내외임을 감안하여 보면 어떤 차이점이 예상된다.

Table 1. Moisture content of Hanwoo fresh meat treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation

Packaging	Irradiation(kGy)					
	0	3	4.5	6	7.5	
	%					
Steak	Vacuum	64.15 ^{Aa} (1.71)	63.46 ^{ABab} (4.83)	60.73 ^{BCb} (0.20)	60.63 ^{BCb} (2.01)	58.03 ^{Cb} (2.03)
	Non-vacuum	63.81 ^{Ab} (0.79)	61.50 ^{BCb} (0.92)	61.11 ^{BCb} (0.95)	61.71 ^{ABCb} (1.60)	60.52 ^{Cb} (1.28)
Patty	Vacuum	66.88 ^a (1.04)	66.81 ^a (0.35)	67.22 ^a (0.41)	66.82 ^a (0.74)	67.63 ^a (2.08)
	Non-vacuum	66.22 ^{ab} (1.89)	66.94 ^a (2.06)	67.04 ^a (1.29)	66.99 ^a (1.04)	66.38 ^a (0.82)

^{A,B,C} Means with different superscript in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{ab} Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Crude protein content of Hanwoo fresh meat treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation

Packaging	Irradiation(kGy)					
	0	3	4.5	6	7.5	
	%					
Steak	Vacuum	55.62 ^{Ab} (1.24)	53.74 ^{Bb} (3.37)	53.76 ^{Bb} (3.18)	53.44 ^{Bc} (0.26)	56.75 ^{ABb} (1.05)
	Non-vacuum	56.60 ^{Ab} (2.58)	55.57 ^{Bb} (1.06)	55.23 ^{Bb} (1.26)	55.25 ^{Bb} (1.22)	53.75 ^{Bc} (1.53)
Patty	Vacuum	61.37 ^a (0.32)	61.62 ^a (0.28)	61.31 ^a (1.53)	61.82 ^a (1.29)	61.92 ^a (1.17)
	Non-vacuum	60.86 ^a (2.11)	62.00 ^a (0.86)	61.55 ^a (0.48)	62.48 ^a (0.65)	61.20 ^a (0.38)

^{A,B} Means with different superscript in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

^{ab,c} Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Crude fat content of Hanwoo fresh meat treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation

Packaging	Irradiation(kGy)					
	0	3	4.5	6	7.5	
Steak	Vacuum	12.05 (2.40)	11.21 ^{ab} (1.26)	11.56 ^a (2.02)	11.29 ^b (1.51)	12.96 ^a (1.50)
	Non-vacuum	12.70 (3.69)	12.59 ^a (2.99)	10.37 ^{ab} (0.84)	14.65 ^a (1.17)	13.86 ^a (3.90)
Patty	Vacuum	9.88 (1.38)	9.00 ^b (0.54)	9.15 ^{ab} (1.69)	9.81 ^b (0.56)	8.43 ^b (0.28)
	Non-vacuum	10.94 ^A (0.73)	8.55 ^{Cb} (0.39)	8.63 ^{BCb} (0.38)	9.58 ^{BCb} (0.59)	9.73 ^{Bab} (0.76)

^{A,B,C} Means with different superscript in the same row are significantly different (p<0.05).

^{a,b} Means with different superscript in the same column are significantly different (p<0.05).

Patty의 경우는 진공포장, 비포장구 모두 전자선 처리 유무에 따른 단백질 함량은 경향은 보이지 않았다. Steak와 patty의 경우는 patty가 steak에 비하여 전자선조사 유무에 관계 없이 높은 경향을 나타내었다. 이는 부위에 따른 차이인 것으로 예측되며, 본 실험 원료육인 특상등급육의 식육의 화학적 조성 중 지방함량의 차이로 인한 결과로 판단된다.

전자선 조사 후 조지방의 변화

Table 3은 한우 냉장육을 전자선 조사하였을 때 조지방에 미치는 영향을 나타낸 표로서 steak의 경우 진공포장, 합기포장 모두 조사선량의 증가에 따른 유의적인 차이는 없었고 (p>0.05), 진공포장, 합기포장과의 비교에서 전자선 조사를 하였을 때 비포장구가 높은 경향을 나타내었다(p<0.05). 이는 합기포장에 따른 수분의 감소를 의미하며, 전자선 조사의 경우 감마선과는 달리 조사 시 온도의 상승이 2℃ 정도인 것 [11]을 감안하여 보면 조사 전후의 수분손실에 따른 것으로 생각된다.

Steak-patty 간의 비교에서 steak가 patty에 비하여 지방 함량이 높은 경향을 나타내었으며(p<0.05), 이는 근간지방의 함량 차이인 것으로 판단된다. 근육색깔과 근간지방은 beef steak의 수용성(acceptability)과 기호성(palatability)에 영향을 준다[19]고 보고 된 바 있다.

전자선 조사 후 육색의 변화

Fig. 2, 3 및 4는 다양한 선량으로 전자선 조사한 냉장 한우 steak의 육색을 나타낸 그림이다. 육색의 명도를 나타내는 L*값은 수치적으로 전자선 조사구가 비조사구에 비하여 수치는 높았으나 유의적인 차이가 없었으며, 진공포장, 합기포장도 유의적인 차이가 없었다(p>0.05). 이에 대한 정 등[24]의 최고기를 저수준 전자선 처리하였을 때 L*(명도)의 차이가 없었다는 보고 그리고 Nanke 등[16]이 10.5 kGy까지의 선량을 조사한 결과 명도에는 영향을 미치지 않았다는 보고와 비

교하였을 때 본 실험의 고수준 전자선 조사와 동일한 결과를 확인하였다. 이는 전자선 조사에 의한 외관적인 육색의 변화와 비교하여 볼 때 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적색도(a*)는 vacuum 처리구에서 전자선 조사구가 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 경향을 나타내었으나(p<0.05), 3 kGy 조사수준은 대조구와 유의적인 차이가 없었다. 이는 소

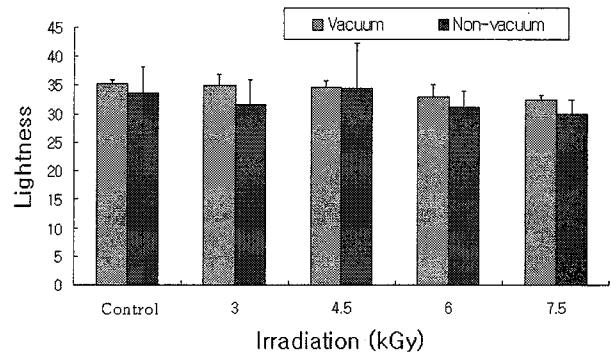


Fig. 2. Lightness(L*) of Hanwoo fresh meat steak treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation.

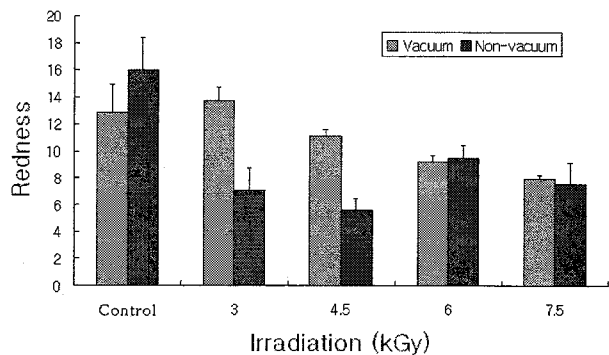


Fig. 3. Redness(a*) of Hanwoo fresh meat steak treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation.

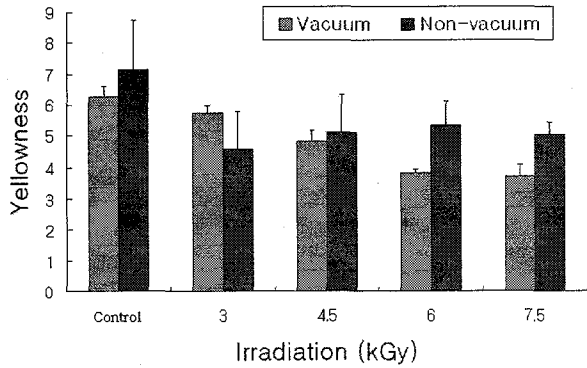


Fig. 4. Yellowness(b*) of Hanwoo fresh meat steak treated with and without vacuum packaging by electron-beam irradiation.

비자의 구매 수단인 육색의 선홍색을 대변해 주는 것이 적색도인 것을 감안하여 보면 3 kGy까지의 전자선 조사는 유해 미생물을 사멸시켜 안전성을 확보하며, 소비자의 구매에도 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. Nanke 등[16]이 진공포장한 쇠고기 전자선 조사를 실시한 결과 a* 값은 감소하였고, b* 값은 증가하였다고 한 보고와 유사한 결과였고, 선량에 대해서 Murano 등[15]은 1.5 kGy 부근에서 적색도는 낮아지고 갈색이 나타난다고 보고하였으나, Luchsinger 등[14]은 2~3.5 kGy에서 적색도가 증가한다는 상이한 결과를 보고한 바 있다.

이에 관하여 Ho[8]는 육색의 적색도를 의미하는 oxymyoglobin은 조사(irradiation) 시 metmyoglobin으로 전환된다고 하였고, Bernofsky 등[1]은 oxymyoglobin은 조사하자마자 metmyoglobin을 형성하였다가 더 조사(irradiation)하면 붉은색 화합물로 바뀐다고 보고했으며, Ginger와 Schweigert[6]은 2.8 kGy로 조사하였을 때 조사된 시료에서 myoglobin의 90%가 oxymyoglobin으로 존재하였다는 보고와 본 실험의 결과는 유사한 결과를 나타내었다. 본 실험에서 조사선량이 높은 실험구(4.5, 6, 7.5 kGy)는 개봉 후 1시간 동안 방치하면서 육색을 측정할 때 선홍색으로의 전환이 되지 않았고, 이는 조사선량의 차이에 따라 metmyoglobin의 함량이 많이 생성된 것으로 사료된다. 이는 전자선 조사에 따른 적색도의 퇴화는 소비자의 구매도에 많은 영향을 미치는 요인으로 저선량(4.5 kGy 이하)에 의한 전자선 조사가 바람직함으로 판단된다.

황색도(b*)는 진공포장구에서 조사선량이 높음에 따라 황색도가 유의적으로 낮게 났으나(p<0.05), 비조사구와 3 kGy 조사구는 유의적인 차이가 없었다. 이는 적색도와 같은 경향으로 역시 3 kGy까지의 조사는 무난한 것으로 판단된다. 비포장의 경우 전자선 비조사구가 조사구에 비하여 높은 황색도를 나타내었다(p<0.05). 이러한 육색의 결과는 미생물을 접종한 beef steak와 ground beef를 조사(irradiation)하였을 때 조사선량이 높음에 따라 적색도(a*), 황색도(b*)가 유의적으로

감소하였다는 결과와 일치하였다. Kim 등[10]은 신선육을 조사하였을 때 가끔 육색이 바람직하지 못한 녹회색이나 갈회색을 나타낸다고 보고하였고, Ginger 등[7]은 조사량이 증가함에 따라 탈색도 증가한다고 보고하였으며, Huber 등[9]은 또한 electron beam을 조사하였을 때 육색이 갈색으로 변했다고 하였고, Luchsinger 등[13]은 호기적 포장에서 육색의 안정도가 저하된다고 보고한 바 있다.

요 약

본 연구는 한우 압소 지육 중 육질등급 1* 판정(근내지방도 No. 7, 육색 No. 4, 성숙도 No. 1, 조직감 No. 1)을 받은 지육(280~300 kg) 6두를 1차로 수도물로 고압 수세하고 2차로 50% 에틸알콜로 소독한 후 발골 정형하여 실험재료로 사용하였고, 등심 및 우둔부위를 채취하여 0±1℃에서 숙성한 후 등심은 1.5 cm steak로 제조하고, 우둔은 patty를 제조한 후 진공포장 및 랩 포장한 다음 전자선 가속기를 이용하여 0, 3, 4.5, 6, 7.5 kGy로 조사한 후 실험에 이용하였다.

진공포장구 및 합기포장구의 pH는 전자선 조사선량에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으며(p>0.05), 함유수분은 전자선 조사구 및 비조사구 모두 steak에 비하여 patty가 높은 경향을 나타내었다. 조단백질은 steak의 경우 전자선 비조사구가 조사구에 비하여 높은 수치를 나타내었으며(p<0.05), Patty의 경우는 전자선 조사수준에 상관없이 유의적인 차이가 없었다. 육색의 명도(L*)는 전자선조사 처리구와 비조사 처리구 간에는 차이가 없었다(p>0.05). 육색 중 적색도(a*)와 황색도(b*)는 전자선 조사수준이 증가함에 따라 점차 낮아지는 경향이였으며, 비조사구와 3 kGy 조사구는 유의적인 차이가 없었다(p>0.05).

참 고 문 헌

- Bernofsky, C., J. B. Fox and B. S. Schweigert. 1959. Biochemistry of myoglobin. 6. The effects of low dosage gamma irradiation on beef myoglobin. *Arch. Biochem. Biophys.* **80**, 9-21.
- Codex Alimentarius Commission. 1984. Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. CAC/VOL. XV. FAO, Rome
- Cottee, J., P. Kunststadt and F. Fraser. 1995. Commercialization of food irradiation in the U.S.A. *Radiat. Phys. Chem.* **46**, 669-672.
- Folch, J. M., M. Lees and G. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Bio. Chem.* **226**, 497-509.
- Giddings, G. G. and P. Markakis. 1972. Characterization of the red pigments produced from ferrimyoglobin by

- ionizing radiation. *J. Food Sci.* **37**, 361-364.
6. Ginger, I. D. and B. S. Schweigert. 1956. Irradiation effects on beef. Chromatographic separation of a porphyrin produced from myoglobin by gamma-irradiation. *Agr. Food Chem.* **4**, 885-886.
 7. Ginger, I. D., U. J. Lewis and B. S. Schweigert. 1955. Biochemistry of myoglobin. Changes associated with irradiation meat and meat extracts with gamma rays. *Agr. Food Chem.* **3**, 156-159.
 8. Ho, L. S. 1967. Gamma irradiation of myoglobins. Ph.D. thesis, University of California, Berkeley.
 9. Huber, W., A. Brasch and A. Waly. 1953. Effect of processing conditions and organoleptic changes in foodstuffs sterilized with high intensity electrons. *Food Technology* **7**, 109-115.
 10. Kim, Y. H., K. C. Nam and D. U. Ahn. 2002. Color oxidation reduction potential and gas production of irradiated meat from different animal species. *J. Food Science* **61**, 1692-1695.
 11. Lagunas-solar, M. C. 1995. Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. *J. Food Protection* **58**, 186-192.
 12. Lee, M. H., J. Sebranek and F. C. Jr. Parrish. 1996. Accelerated postmortem aging of beef utilizing electron-beam irradiation and modified atmosphere packaging. *J. Food Sci.* **61**, 133-136.
 13. Luchsinger, S. E., D. H. Kropf, C. M. Garcia-Zepeda, M. C. Hunt, J. L. Marsden, E. J. Rubio Canas, C. L. Kastner, W. G. Kuecker and T. Mata. 1996. Color and oxidative rancidity of gamma and electron beam irradiated boneless pork chops. *J. Food Sci.* **61**, 1000-1006.
 14. Luchsinger, S. E., D. H. Kropf, C. M. Garcia-Zepeda, M. C. Hunt, S. L. Stroda, J. Marsden and C. L. Kastner. 1997. Color and oxidative properties of irradiated whole muscle beef. *Journal of Muscle Foods* **8**, 427-443.
 15. Murano, P. S., E. A. Murano and D. G. Olson. 1998. Irradiated ground beef: Sensory and quality changes during storage under various packaging conditions. *Journal of Food Science* **63**, 548-551.
 16. Nanke, K. E., J. G. Sedranek and D. G. Olson. 1998. Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey. *Journal of Food Science* **63**, 1001-1006.
 17. Schon, L. and M. Strosiek. 1958. Sodium under pH in rindfleisch and sch weinefleisch. *Fleischwirtschaft* **10**, 78-81.
 18. Takeguchi, C. A. 1983. Irradiation. *Food Technology* **52**, 56-62.
 19. USDA-FSIS. 1989. Pre cooked patties : A guide for food service institutions. Food Safety and Inspection Service, USDA, Washington, D. C.
 20. WHO. 1981. Whole someness of irradiated food. Report of a joint FAO/LAE/WHO Expert Committee. Technical Report Series **659**, 34-36.
 21. Yook, H. S., H. J. Lee, S. I. Im, S. Kim and M. W. Byun. 1997. Change of proteolytic enzyme property by gamma irradiation. *J. Kor. Soc. Food Sci.* **26**, 1116-1121.
 22. Korean ministry of health & welfare 1995. New standard of irradiated food and policy
 23. Lee, C. H. 1998. Safety and vision of irradiated food. *K. food Sci. and Industry* **31**, 2-49.
 24. Chung, M. S., H. K. Kang, B. Y. Um, Y. J. Kim and M. Lee. 1998. Effects of low does electron-beam irradiation on the beef aging. *Korean J. Anim. Sci.* **40**, 193-202.