

감마선 조사가 한우육의 색소에 미치는 영향

육홍선 · 이주운 · 이경행 · 김 성 · 변명우
한국원자력연구소 방사선식품공학연구팀

Effects of Gamma Irradiation on Pigments of Beef

Hong-Sun Yook, Ju-Woon Lee, Kyong-Haeng Lee,
Sung Kim and Myung-Woo Byun

Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract

Effects of gamma irradiation on pigments of beef was investigated by determination of the Hunter's color values and pigments such as myoglobin, metmyoglobin and oxymyoglobin after gamma irradiation up to 5 kGy in air or vacuum package for 7 days. "L" and "b" values increased but "a" value decreased with the elapse of the storage period. But, "L", "a" and "b" values of irradiated beef were lower than non-irradiated beef. Myoglobin decreased but oxymyoglobin and metmyoglobin increased with the elapse of the storage period. Myoglobin decreased but oxymyoglobin and metmyoglobin increased with gamma irradiation up to 5 kGy. In regard to packaging methods, vacuum package did not affect pigment of the beef as did air package.

Key words: beef, gamma irradiation, pigments

서 론

최근 식생활의 서구화에 따른 육류의 수요와 생산이 크게 증가함에 따라 이들 제품의 위생적이고 효율적인 도살공정, 안전공급, 저온저장 및 유통기술의 확보가 필수적이다. 특히 최근 육류에서 기인하는 미생물인 살모넬라, 리스테리아, 대장균 O157:H7 등으로 인한 식중독 방지 뿐만 아니라 방부제 등 식품 첨가물 규제의 강화와 식품보존료 무첨가 육제품의 요구 증가 등 소비자의 건강 지향적 욕구가 증대됨에 따라 식품산업에서 위생적 품질 관리는 그 중요성이 더욱 증가되고 있는 실정이다. 소비자의 기호성에 크게 작용하는 주요한 요소중의 하나인 신선육의 색은 주로 myoglobin에 의해 좌우되는데 이 myoglobin의 함량은 동물의 종류, 연령, 성별, 근육, 운동성 및 부위에 따라 다르다^(1,2). 즉, 고평, 수소, 적색근(red muscle), 운동량이 많을수록 myoglobin 함량이 높다. 육색을 좌우하는 가장 중요한 요소가 색소물질의 전체함량이지만

육색소의 화학적 상태, 다른 물질과의 반응 및 여러 가지 다른 조건들도 육색 결정에 있어서 색소물질 함량 못지 않게 중요하다. 그리고, 육색은 냉동, 진공포장 되어 판매될지라도 육색이 신선육에서 처럼 선홍색을 가지지 못하고 갈색이나 회색을 보이는 경우가 많아 소비자들이 구매를 기피하는 경향이 있다^(3,5). 한편, 일본을 비롯한 선진국에서는 최근 냉장육이 일반화되고 있는 추세이나, 국내에서는 아직 냉장육류의 유통이 어려운 실정이다. 이러한 시점에서 최근 미국 FDA는 병원성 미생물 및 기생충의 살균을 위하여 3~7 kGy까지 감마선 조사된 육류의 유통을 허가한 바 있다. 이렇게 이미 식품가공, 저장 및 위생화 방법으로 알려진 감마선 조사기술은 이용대상 식품에 대한 저장수명 연장, 살충, 살균 및 건조식품의 물성개선 등에 효과가 탁월하다는 것이 인정되고 있으며, 국제기구(FAO/IAEA/WHO, FDA)와 선진 여러나라에서 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 39개국에서 40여 식품군(230여 품목)이 각국 보건 당국에 의해 허가되어 실용화되고 있다⁽⁶⁻¹⁰⁾.

본 연구는 감마선 조사에 의한 육류의 새로운 위생적 살균방법의 개발을 위한 일환으로 감마선 조사가

Corresponding author: Myung-Woo Byun, Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Yuseung P.O.Box 105, Taejon 305-600, Korea

우육의 색소변화에 어떠한 영향을 미치는지 살펴 보았다.

재료 및 방법

시료 및 감마선 조사

본 실험에 사용된 한우암소육은 도축장(경북 예천 축협)에서 도축직후 우둔부위를 해체하고 약 200 g씩 접합포장재(Nylon, NY; 15 μm/PE 100 μm; 투습도: 4.7 g/m²/24 hr; 산소투과도: 22.5 cc/m²/24 hr)를 이용하여 합기 및 진공포장하였다. 포장된 우육의 감마선 조사는 10만 Ci Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 시간당 2 kGy의 선량율로 1, 3, 5 kGy의 총흡수선량을 얻도록 하였고, ceric cerous dosimeter를 이용한 흡수선량 확인에서 흡수선량 오차범위는 ±6 Gy였다. 감마선 조사된 우육의 저장온도는 5±1°C 냉장하면서 시험 시료로 사용하였다.

우육의 기계적 색도 및 육색소 함량 측정

우육의 표면색도는 Hunter's color/color difference

meter (Model ND-1001 NP, I&T Co. Ltd., Japan)를 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, radness), 황색도(b, yellowness) 및 총색차(ΔE, overall color difference)를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 이 때 사용된 표준백판의 L, a, b값은 90.6, 0.4 및 3.3이었다.

또한 각 시료의 haem pigment의 측정은 Krzywicki⁽¹⁰⁾의 방법에 의하여 3회 반복 측정하였다.

결과 및 고찰

Hunter값의 변화

우육의 소비자 기호나 상품가치면에서의 시각적 품질평가는 외관의 선택에 의해서 크게 영향을 받는다. Table 1은 감마선 조사와 포장방법 및 저장기간에 따른 우육의 Hunter값 변화를 나타낸 것이다. 감마선 조사 직후 감마선 조사군은 조사선량의 증가와 함께 명도, 황색도 및 적색도 값이 비조사군에 비해 감소하였으며, 특히 적색도 값의 감소 경향이 뚜렷하였다. 저장기간에 따른 Hunter값의 변화는 모든 시험군에서 명도와 황색도가 증가하였고, 적색도가 감소하는 경향

Table 1. Effects of packaging and irradiation on Hunter's color value of beef during storage at 5°C

Hunter's color value ¹⁾	Storage period (day)	Treatment							
		Control		1 kGy		3 kGy		5 kGy	
		air	vacuum	air	vacuum	air	vacuum	air	vacuum
L	0	33.40	33.20	33.30	33.31	33.20	33.15	33.00	32.20
	1	35.67	34.79	34.80	34.53	33.00	33.10	32.83	32.75
	3	38.97	36.38	38.97	37.82	37.33	37.05	36.73	36.35
	5	39.03	37.26	38.83	38.12	37.75	37.76	37.05	36.83
	7	39.10	38.25	38.70	38.20	38.50	38.00	37.33	37.10
a	0	30.15	30.77	27.33	28.83	25.47	28.05	24.73	26.50
	1	29.93	29.90	27.47	28.75	24.90	27.23	24.73	26.45
	3	29.37	29.08	29.67	28.88	25.97	27.95	25.57	27.65
	5	28.81	28.95	29.04	28.38	25.76	27.55	25.72	27.61
	7	28.17	28.75	28.47	28.05	25.57	27.65	25.97	27.57
b	0	11.70	11.83	11.40	11.56	10.50	11.00	10.30	10.80
	1	12.93	12.95	11.50	11.35	11.00	11.15	10.50	11.05
	3	12.87	12.87	12.80	12.85	11.60	11.80	11.33	11.50
	5	12.75	12.77	12.78	12.83	11.48	11.67	11.25	11.42
	7	12.67	12.70	12.77	12.80	11.30	11.55	11.17	11.35
ΔE	0	0.00	0.00	2.87	1.96	0.84	2.84	5.61	4.50
	1	2.59	2.13	3.03	2.47	5.31	3.61	5.58	4.41
	3	5.74	3.75	5.70	5.09	5.74	4.77	5.67	4.45
	5	5.88	4.55	5.65	5.56	6.18	5.58	5.76	4.83
	7	6.11	5.51	5.66	5.77	6.87	5.73	5.76	5.07

¹⁾L: Degree of lightness (white + 100 ↔ 0 black)
 a: Degree of redness (red + 100 ↔ -80 green)
 b: Degree of yellowness (yellow + 70 ↔ -80 blue)
 $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$

을 나타내었다. 이는 저장기간의 경과가 우육의 탈색 및 갈변화를 일으켰음을 시사하고 있으며 이로 인한 darkening 현상을 나타냄을 알 수 있었다. 또한, 포장 방법에 따른 변화에서는 진공포장 시험군이 합기포장 시험군보다 색도의 변화가 적음을 알 수 있었고, 이러한 결과는 감마선 조사군에서 그 경향이 더욱 뚜렷하여 감마선 조사시 포장방법은 매우 중요하며 합기포장 보다는 진공포장이 우육의 색택 유지에 더욱 효과적임을 보여주었다. Brewer와 Harbers⁽¹¹⁾는 마쇄 돈육의 냉동저장시 저장기간이 경과함에 따라 적색도의 감소를 보고하였고 산소를 차단할 수 있는 포장재를 사용함으로써 육색의 변화를 줄일 수 있었다고 하였다. 또한, 진공포장 우육의 저장기간 경과에 따른 적색도 감소는 metmyoglobin의 환원력 감소^(12,13)에 기인하는 것으로 보고되고 있고, 김 등⁽¹⁴⁾은 포장방법이 우육의 색도에 미치는 영향에서 적색도는 진공포장군과 일반포장군 모두 저장기간에 따라 점차 감소하는 경향이었으며, 진공포장군은 일반포장군에 비해 전 저장기간 동안 높은 값을 나타내었다고 보고하여, 본 실험 결과와 잘 일치하였다.

Myoglobin, metmyoglobin, oxymyoglobin의 변화

철원자가 2가이면 환원 myoglobin이라 불리우고, 육색은 적자색이 되며, 3가이면 metmyoglobin이라 불리우며 육색은 갈색이 된다. 또한 환원철원자의 여섯째 위치에 산소분자가 부착되면 이것을 산소화라 부르며 이를 oxymyoglobin이라고 하고, 육색은 밝은 적색이 된다. 신선육이 공기중에 노출되어 표면이 밝은 적색을 띠게되는 것은 산소압이 높아짐으로써 myoglobin이 산화되지 않고 산소화되기 때문이다. 신선육 상층 내부에는 표면에서의 환원효소들의 지속적인 산소소비에도 불구하고 육표면으로부터 산소의 확산에 의해 산소압이 형성된다. 우육내부상층에 형성된 산소압은 myoglobin의 산화에 알맞는 정도로 유지됨으로써 육색은 metmyoglobin의 갈색을 띠게 된다. 결과적으로 신선육의 단면을 보면 표면은 oxymyoglobin의 밝은 적색, 내부상층은 metmyoglobin의 갈색, 그리고 내부심층은 환원 myoglobin의 적자색을 띠게 된다. 따라서 우육을 저장할 때 산소와 온도를 통제한다면 가능한 장시간을 선홍색으로 유지할 수 있다⁽¹⁵⁾. 이러한 우육의 색소는 90% 이상이 myoglobin 함량에 의존하고 있기 때문에 감마선 조사 및 비조사 우육의 육색 차이를 조사하기 위해 myoglobin 함량을 측정하였다.

Fig. 1~3은 감마선 조사와 포장방법 및 저장기간에 따른 우육의 주색소인 myoglobin, metmyoglobin 및

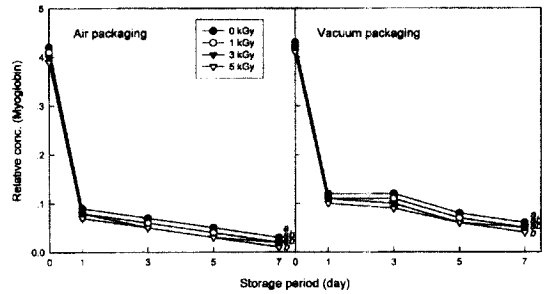


Fig. 1. Effect of packaging and irradiation on myoglobin concentration of beef during storage at 5°C. Myoglobin concentration mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p < 0.05$).

oxymyoglobin의 함량 변화를 나타내었다. Myoglobin의 경우 감마선 조사 직후는 진공포장 시험군과 합기포장 시험군 모두 비조사군에 비해 감마선 조사군이 조사선량의 증가와 더불어 다소 감소현상을 나타내었다. 그러나, 저장기간이 경과함에 따라 모든군이 1일째 현저히 감소한 후 저장후반까지 서서히 감소되는 현상을 보였고, 진공포장 시험군이 합기포장 시험군보다 저장 7일까지 다소 높은 myoglobin 함량을 나타내었다(Fig. 1). Oxymyoglobin과 metmyoglobin은 감마선 조사 직후는 진공포장 시험군과 합기포장 시험군 모두 비조사군에 비해 감마선 조사군이 조사선량의 증가와 더불어 다소 증가현상을 나타내었으며 이러한 현상은 7일 저장동안 계속되었다. Oxymyoglobin의 저장기간에 따른 변화는 앞의 Fig. 1에서 언급된 myoglobin의 함량변화와 반대경향으로 저장 1일째에 모든 시험군에서 크게 증가하여 그 이후 서서히 계속 증가하는 경향을 나타내었고, 진공포장군이 합기포장군보다 낮은 값을 보였다(Fig. 2). Metmyoglobin의 저장기간에 따

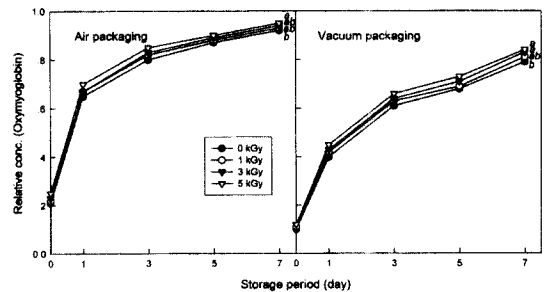


Fig. 2. Effects of packaging and irradiation on oxymyoglobin concentration of beef during storage at 5°C. Oxymyoglobin concentration mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p < 0.05$).

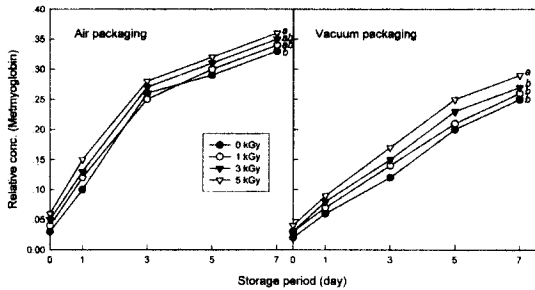


Fig. 3. Effects of packaging and irradiation on metmyoglobin concentration of beef during storage at 5°C. Metmyoglobin concentration mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p < 0.05$).

른 변화를 보면 합기포장군의 경우 저장 3일까지는 대수적인 증가를 보였고, 그 이후부터는 서서히 증가하는 경향으로 이는 우육포장시 잔존된 산소의 존재가 그 원인으로 생각되며, 진공포장군에서는 감마선 조사직후부터 저장 7일까지 서서히 증가하였다.

이러한 결과는 육색소 변화가 감마선 조사에 의한 영향보다는 저장기간과 포장방법의 차이에 따른 영향이 더 큼을 나타내 주고 있다. 이는 호기성 미생물의 성장이 산소압을 저하시킴으로써 metmyoglobin 형성을 촉진하며, 금속이온에 의한 myoglobin의 자동산화를 촉진하여 산소가 존재하는 합기포장군이 진공포장군보다 고기의 변색을 쉽게 만들었다고 생각된다. Seideman 등⁽¹⁶⁾은 우육의 냉장저장시 진공포장 정도가 낮을수록 저장기간중의 표면이 더욱 변색되었다는 결과를 보고한 바 있고, 산소투과성이 적은 필름은 저장기간동안 육색을 유지하며 고기표면의 변색을 최소화한다는 연구⁽¹⁷⁾도 있다. 또, Judge 등⁽¹⁸⁾은 호기성 미생물의 성장은 산소압을 저하시킴으로서 갈색의 metmyoglobin 형성을 촉진하며, 금속이온들에 의한 myoglobin의 자동산화를 촉진하였다고 보고하여, 본 연구결과와 잘 일치하는 경향을 보였다.

요 약

한우육의 사태(M.Semiteminosus)를 대상으로 방사선 조사선량(0, 1, 3, 5 kGy), 포장방법(합기, 진공) 및 저장기간에 따른 육색소(myoglobin, oxymyoglobin, metmyoglobin)와 Hunter값의 변화를 측정하였다. Hunter값의 경우 저장기간이 경과함에 따라 명도와 황색도는 증가하는 경향을 나타내었으나, 적색도는 감소하였고, 감마선 조사에 의한 영향으로는 명도, 황색도, 적색도값이 조사선량이 증가함에 따라 감소하였다.

Myoglobin의 함량은 저장기간이 경과할수록 모든 시험군에서 감소를 나타내었고, oxymyoglobin과 metmyoglobin은 점차적으로 증가하였으며, 방사선 조사에 따른 영향은 조사선량이 증가함에 따라 myoglobin은 감소되고 oxymyoglobin과 metmyoglobin은 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 포장방법에 따른 영향에서는 합기 포장군이 진공포장군에 비해 더 큰 육색소의 변화를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며 이 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Forrest, J.C., Aberie, E.D., Medrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A.: Principles of Meat Science. W.H. Freeman and Company, p.179 (1975)
- Bodwell, C.E. and McClain, P.E.: Chemistry of animal tissues. Cited "The Science of Meat and Meat Products". (Ed) Price, J.F. and Schweigert, B.S.W.H. Freeman and Company. p.93 (1971)
- Lanari, M.C. and Zaritzky, N.E.: Effect of packaging and frozen storage temperature on beef pigments. *Int. J. of Food Sci. & Technol.*, **26**, 629-640 (1991)
- Smith, G.C.: Effects of electrical stimulation on meat quality, color, grade, heat ring, and palatability. In "Advances in meat research. Vol. 1. Electrical stimulation" Chap. 4, p.121 (1985)
- Fox, J.V.Jr.: The chemistry of pigments. *J. Agric. Food Chem.* **14**, 207 (1966)
- Byun, M.W.: application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. and Industry*, **30**, 89-100 (1997)
- Thayer, D.W.: Wholesomeness of irradiated foods. *Food Technology*, May (1994)
- Ahmed, M.: Food irradiation. Up-to-date status. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, IAEA 6626F, Vienna, 27 Nov. (1991)
- Diehl, J.F.: "Safety of Irradiated foods." Marcel Dekker, Inc., New York (1990)
- Krzywicki, K.: The determination of haem pigments in meat. *Meat Science.*, **7**, 29-36 (1982)
- Brewer, M.S. and Harbers, C.A.Z.: Effects of gaseous environment and temperature on the storage behavior of *Listeria monocytogenes* on chicken breast meat. *J. Ap. Bacteriol.*, **70**, 40-43 (1991)
- Bhattacharya, M., Hanna, M.A. and Mandigo, R.W.: Lipid oxidation in ground beef patties as affected by time-temperature and product packaging parameters. *J. Food Sci.*, **53**, 714-717 (1988)
- MacDougall, D.B.: Changes in the color and opacity of meat. *Food Chem.*, **9**, 75-76 (1982)
- Kim, D.G., Lee, S.H., Kim, S.M., Seok, Y.S. and Sung,

- S.K.: Effects of packaging method on physico-chemical properties of Korean beef (in Korean). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 944-950 (1996)
15. Kang, C.K., Park, G.B., Sung, S.K., Lee, M.H., Lee, Y.H., Jung, M.S. and Choi, Y.I.: Science of meat production and processing, p.131-136, Sunjin public., (1992)
16. Seideman, S.C., Carpenter, Z.L., Smith, G.S. and Hork, K.E.: Effect of degree of vacuum and length of storage on the physical characteristics of vacuum packaged beef wholesale cut. *J. Food Sci.* **41**, 732-735 (1976)
17. Gokalp, H.Y., Ockerman, H.W., Plimpton, R.F. and Harper, W.J.: Fatty acids of neutral and phospholipids, rancidity scores and TBA values as influenced by packaging and storage. *J. Food Sci.* **43**, 297-301 (1983)
18. Judge, M.D., Aberie, E.D., Forrest, J.C., Hedrick, H.B. and Merkel, R.A.: Properties of fresh meat. In "Principles of Meat Science", pp. 131. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque (1989)

(1998년 7월 8일 접수)