

## 감마선 조사가 한우육의 지방산패에 미치는 영향

육홍선 · 이경행 · 이주운 · 강근옥\* · 변명우  
한국원자력연구소 방사선식품공학연구팀  
\*국립안성산업대학교 생활관리학과

### Effect of Gamma Irradiation on Lipid Oxidation of Korean Beef

Hong-Sun Yook, Kyong-Heang Lee, Joo-Woon Lee, Kun-Og Kang\* and Myung-Woo Byun  
Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute  
\*Department of Home Management, National Anseong University

#### Abstract

Effects of gamma irradiation on beef spoilage were investigated by determination of the peroxide value, TBA value and total volatile basic nitrogen for 10 days at 4°C or 25°C after gamma irradiation up to 5 kGy in air or vacuum package. The total lipid contents were 4.4~4.7% and were not significantly changed by gamma irradiation up to 5 kGy. The peroxide value and thiobarbituric acid value increased with the elapse of the storage period. The level of lipid oxidation was higher at 25°C than at 4°C and higher in air package than in vacuum package and increased depending on the incremental irradiation doses level. Volatile basic nitrogen showed a lower content in the vacuum packaged samples irradiated at 3~5 kGy than in non-irradiated samples over the storage period.

Key words: beef, gamma irradiation, peroxide and TBA value, volatile basic nitrogen

#### 서 론

최근 국내 육류의 소비수준이 크게 증가하고 UR 타결 이후 육류 시장의 전면 개방을 앞두고 소비자들의 육질향상 욕구와 더불어 현행 유통체계의 변화가 요구되고 있다. 따라서, 앞으로 육류시장은 위생화와 더불어 맛과 품질에 있어서 최상의 상태를 추구하게 되는데, 이 때 가장 중요한 요소중의 하나가 색, 맛, 향미 등을 크게 좌우하는 지방조직이다.

육제품의 근육조직내 지방산화는 육질의 저하와 관련이 있다<sup>(1,2)</sup>. 또한 지방의 산화는 육 및 육제품의 품질을 저하시키는 중요한 요인중의 하나로 이는 효소나 고기 지방의 자동산화에 의해 유발되며, 식육내 다른 색소, 단백질, 탄수화물, 비타민 등과 반응하여 영양, 색, 풍미 등의 바람직하지 않은 변화를 초래한다. 식육내 지방은 광선, 열, 금속이온 등의 영향을 받아 유리기가 생성되고 이 유리기는 잔존하는 산소와 결합하여 hydroperoxide를 생성하며 이 불안정한 물질은

aldehyde, alcohol, ketone 등 2차반응물질을 생성하게 되어 불쾌취를 발생하게 된다. 이와같은 일련의 반응은 촉매의 작용에 의해 개시되거나 촉진되므로 산화작용을 방지하려면 이러한 원인제거를 위하여 식육을 냉암소에 보관하거나 저장온도를 낮게 그리고 일정하게 유지하고 진공포장을 함으로써 산소와의 접촉을 피하도록 하는 것이 효과적인 방지책으로 보고되고 있다<sup>(3,4)</sup>. 또한, 식품의 위생화와 안전저장을 위해 사용되는 방사선 조사도 지방의 산화를 가속화한다고 보고된 바 있다<sup>(5)</sup>.

최근 국제적으로 축육으로부터 기인되는 병원성 미생물과 기생충에 대한 질병 등 식품의 안전성에 깊은 관심을 보이며, 특히 식품의 국제무역에서의 위생적 기준을 만족시키기 위한 수단으로 방사선 조사기술의 사용이 확대될 전망이다. 저 혹은 중선량의 방사선 조사는 식품의 물리적 및 관능적 특성에 영향을 주지 않고 식품에서 유래하는 이들 오염 유기체들로 부터의 위험을 상당히 줄일 수 있는 안전한 식품위생화 방법이다. 미국 FDA는 쇠고기 및 냉동 햄버거에 오염된 *E. coli* O157:H7의 파문을 계기로 1997년 12월 2일 위생적 품질을 보장하기 위해 적색육(쇠고기, 양고기, 말

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

고기 등)의 방사선 조사를 허가하였다. 이를 배경으로 WTO 체제하에서 육류의 국제교역에서 방사선 조사기술의 이용이 확대될 전망이며 이에 따라 국가간 무역 마찰 방지와 소비자의 수용성 확보 등 국내 연구자료의 마련이 필요시된다. 따라서 본 연구는 한우육의 감마선 조사에 의한 위생화 및 안전저장유통 연구의 일환으로 한우육의 방사선 조사시 포장방법 및 저장온도에 따른 지방질 성분의 산패정도를 살펴보았다.

**재료 및 방법**

**시료 및 방사선 조사**

본 실험에 사용된 한우 암소육은 도축장(경북 예천 축협)에서 도축직후 우둔부위를 해체하고 약 200 g씩 접합포장재(Nylon, NY 15 μm/PE 100 μm: 투습도, 4.7 g/m<sup>2</sup>/24 hr: 산소투과도, 22.5 cc/m<sup>2</sup>/24 hr)를 이용하여 합기 및 진공포장하였다. 포장된 우육의 방사선 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 우육은 5±1°C 냉장과 25±1°C 실온 범위에서 저장하면서 시험시료로 사용하였다.

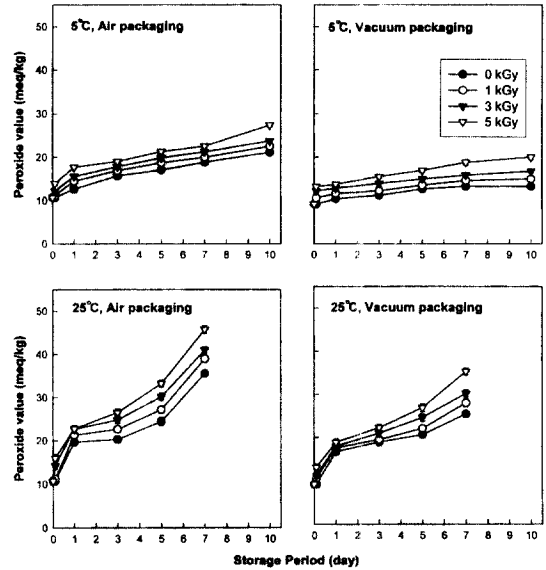
**지방산패도 및 휘발성 염기태질소 측정**

과산화물가는 AOCS 방법<sup>(6)</sup>, TBA가는 Turner 등<sup>(7)</sup>의 방법에 따라 측정하였고, 휘발성 염기태질소는 Conway 미량확산법<sup>(8)</sup>으로 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**쇠고기 지방질의 산패정도**

한우육의 감마선 조사와 포장방법 및 저장온도와 기간에 따른 과산화물가의 변화는 Fig. 1과 같다. 과산화물은 산소가 존재할 때 이온화 에너지 처리중 생성되는 지방산화의 주요 물질이다. 감마선 조사 직후는 진공포장군과 합기포장군 모두 비조사군에 비해 감마선 조사군이 조사선량의 증가와 더불어 과산화물가의 증가현상을 나타내었다. 포장방법 및 저장온도에 따른 변화를 보면 전 저장기간을 통해 비조사 및 감마선 조사군 모두 5°C 저장군이 25°C 저장군에 비해 낮은 과산화물가를 보였고, 감마선 조사시 포장방법에 따른 변화에서는 진공포장 시험군이 합기포장 시험군보다 낮은 과산화물가를 나타내었다. 즉, 감마선 조사 직후 비조사군과 3 kGy 조사군의 과산화물가는 각각 9~



**Fig. 1. Effects of packaging and irradiation on peroxide value of beef during storage at 5°C and 25°C.**

10 meq/kg과 11~14 meq/kg이었으나, 7일 저장후에는 5°C 합기포장의 경우 18.8 meq/kg과 21.2 meq/kg, 5°C 진공포장군은 13.3 meq/kg과 15.9 meq/kg이었고, 25°C 합기포장군의 경우 35.6 meq/kg과 41.0 meq/kg, 25°C 진공포장은 28.0 meq/kg과 30.2 meq/kg 이었다. Lefebvre 등<sup>(9)</sup>은 합기상태에서 마쇄된 쇠고기에 감마선을 1~5 kGy 조사하여 4°C에서 저장시켰을 때 과산화물가가 감마선 조사 때문에 증가했으나, 조사선량 수준은 과산화물가에 영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있으나, 본 실험에서는 조사선량의 증가와 더불어 과산화물가의 증가현상이 뚜렷하였다. Dempster 등<sup>(10)</sup>도 진공포장된 쇠고기버거에 1.03~1.54 kGy 선량의 감마선 조사로 과산화물가가 유의적으로 높았다고 보고하였다.

식품중에 함유된 지방질 특히 불포화지방산은 산패가 진행됨에 따라 과산화물과 carbonyl 화합물을 생성하며, TBA가는 이 때 생성된 malonaldehyde와 2-thiobarbituric acid (TBA)와의 적색복합체를 생성하는 정색반응으로 과산화물가와 같이 지방질의 산패도를 알아보는 방법이다. 또한 육류를 냉장 저장할 때 일정기간 후에 발생하는 불쾌취와 이취는 TBA가의 증가와 밀접한 관련이 있을 것으로 추정된다. 한우육의 감마선 조사와 포장방법 및 저장온도와 기간에 따른 TBA가의 변화는 Fig. 2와 같다. 진공포장군과 합기포장군 모두 감마선 조사 직후 감마선 조사군은 비조사군에 비해 조사선량의 증가와 더불어 TBA가의 증가

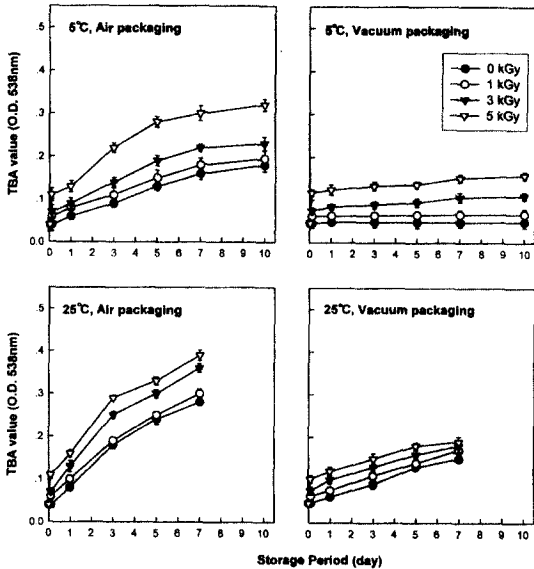


Fig. 2. Effects of packaging and irradiation on TBA value of beef during storage at 5°C and 25°C.

현상을 나타내었고, 포장방법 및 저장온도와 저장기간중의 변화는 앞에서 언급된 과산화물가의 변화와 동일한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 EI-Wakeil 등<sup>(11)</sup>의 닭고기에서 5, 10, 15 kGy의 감마선 조사로 TBA가 비조사군에 비해 조사군은 조사선량의 증가와 저장기간의 경과에 따라 증가했다는 보고와, 방사선 조사가 지방산패를 촉진하여 malonaldehyde와 glyoxal 등을 생성해 TBA와 적색중합체를 많이 형성한다는 보고<sup>(12)</sup>와도 일치하였다. 또한, 진공포장군이 합기포장군에 비하여 저장기간 중 TBA가 유의적으로 낮다는 결과는, 돈육을 각종 포장재로 포장하여 저장중 TBA의 변화를 측정 한 시험에서 진공포장의 경우가 가장 변화가 적었으며, 산소투과성이 높은 PVC포장재를 사용하였을 경우 가장 많이 증가하였다는 Brewer 등<sup>(13)</sup>의 연구결과 및 진공포장이 냉동저장 돈육의 지질산화를 지연시킨다고 한 Bhattacharya 등<sup>(14)</sup>의 결과와 같은 경향이였다. 따라서 지방성분은 감마선 조사에 의해 정상적인 자동산화의 경우보다 더 많은 유리기를 형성하며 이 유리기들은 정상적인 자동산화와는 다른 더 짧은 연쇄반응을 일으키는 것으로 생각된다. 한편 본 실험의 결과와 상반되게 Chang 등<sup>(15)</sup>은 감마선 조사로 살균된 roast beef slices는 조사직후에 TBA가 감소하였고 200일 동안 실온에서 저장하는 동안 비조사군보다 더 낮은 TBA를 생성하였다고 하였다. 일반적으로 감마선 조사에 의한 지방질의 자동산화는 산소의 존재하에서 더 빠르게 진행되기

때문에 감마선 조사와 저장동안 시료의 포장방법에 있어서 산소제거는 산패방지 뿐만 아니라 시료의 품질열화방지에도 효과가 클 것으로 생각된다. 또한 본 실험의 결과로 보아 진공포장이 합기포장보다, 저온저장이 고온저장보다 방사선 조사와 저장기간의 경과에 따른 지방산패를 억제하는데 더 좋은 조건으로 나타났다.

휘발성 염기태질소 함량의 변화

육류의 저장 중 변질은 주로 도축 및 발골과정에서 오염되는 미생물에 의해 발생되고 특히 불쾌한 부패취의 원인은 육단백질 성분의 변패로 일어나며 이는 단백질이 아미노산으로 분해되어 아미노산은 amine, ammonia, H<sub>2</sub>S, mercaptan, indole, skatole 등의 휘발성 물질로 분해되며 최종적으로 강한 부패취를 내게된다. 이러한 육류의 저장중 변패를 측정하는 하나의 방법으로 휘발성 염기태질소 함량을 측정한다. 휘발성 염기태질소 함량은 생육의 경우 20 mg% 이상이 되면 식용불가한 상태가 되며 육제품의 경우에는 30 mg%에서도 변패하지 않는 경우가 있으나, 국내 식품공전에는 원료육 및 포장육에 한하여 20 mg%이하로 규정하고 있다<sup>(16)</sup>.

한우육의 감마선 조사선량과 포장방법 및 저장온도와 기간에 따른 휘발성 염기태질소 함량의 변화는 Fig. 3과 같다. 감마선 조사 직후는 비조사군이나 감마선 조사군간에 차이가 없었으나, 저장기간이 경과할수록 저장온도와 감마선 조사의 영향이 뚜렷하였다. 즉, 비조사군에 비해 감마선 조사군은 조사선량이 증가할수록 휘발성 염기태질소 함량이 낮았으며, 25°C 저장군에서 그 경향이 더욱 뚜렷하였고, 포장방법에 따른 영향은 진공포장 시험군이 합기포장 시험군보다 다소 낮은 함량을 보였다.

본 실험에서 감마선 조사직후 모든 시험군에서 휘발성 염기태질소 함량은 약 6 mg% 내외였고, 5°C 저장의 경우 비조사군에서는 저장 10일경에 중온성 전세균이 약 5.0×10<sup>4</sup> CFU/g이상으로 관능적으로 약간의 이상취를 감지할 수 있었으며, 이 때의 휘발성 염기태질소 함량은 약 9 mg%정도였다. 그러나, 감마선 조사군의 경우에는 5°C에서 저장 10일 까지도 약 7 mg%정도로 낮은 함량을 보였고, 이 때 중온성 전세균의 수는 약 10<sup>3</sup> CFU/g 내외였다. 25°C로 저장된 비조사군의 경우에는 저장 3일째에 약 10 mg% 정도로 이 때의 중온성 전세균의 수는 1.0×10<sup>5</sup> CFU/g이상으로 부패취가 발생하였고, 이 시기부터 급속히 부패가 진행되었다. 변 등<sup>(17)</sup>은 닭고기의 위생화를 위한 감마선

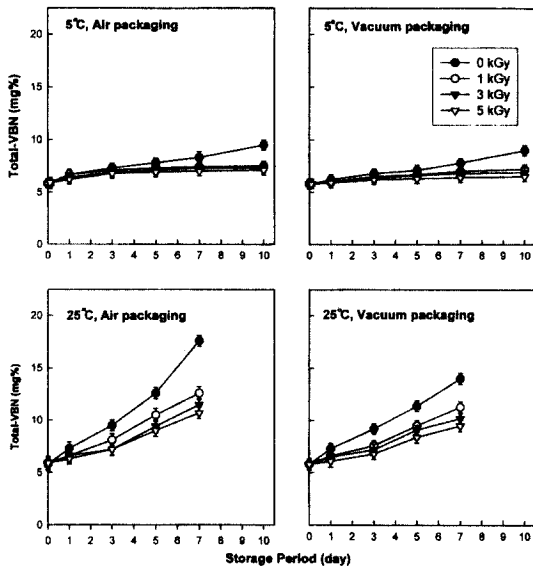


Fig. 3. Effects of packaging and irradiation on Total-VBN content of beef during storage at 5°C and 25°C.

조사연구에서 비조사군의 경우 3~4°C에서 저장 10일 경부터 부패가 시작되어 휘발성 염기태질소 함량이 8 mg% 정도를 나타내었고, 이 때 중온성 전세균은  $5.1 \times 10^6$  CFU/g 이었다고 하였으며 이는 본 실험의 결과와도 유사하였다.

포장방법별 휘발성 염기태질소 함량의 변화는 저장 5일째부터 합기포장군이 진공포장군보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 가스투과성이 없는 진공포장이 일반포장에 비하여 육류의 유통기간 연장에 유리하다고 한 김 등<sup>(8)</sup>의 결과와도 같은 경향이였다.

육류의 미생물적 변질을 방지하기 위해서는 육류의 도축단계 및 생산과정에서 발생하는 초기 미생물의 오염도를 낮추는 근본적인 해결방법이 있을 수 있으나 현재 국내 도축장 시설 및 관리를 고려해 볼 때 이미 오염된 미생물의 제거로 저장유통중의 안전성을 고려하는 것에 중점을 두어야 하며 이를 위한 감마선 조사기법은 매우 유용한 방법일 것으로 생각된다.

## 요 약

감마선 조사(1~5 kGy)된 우육(사태부위; *M.Semiten-dinosus*)의 저장 안전성을 살펴보기 위하여 실온(25°C)과 냉장(4°C)온도에서 10일 동안 포장방법(합기, 진공)별로 저장하면서 과산화물가, TBA가, 휘발성 염기태질소함량을 측정하여 다음의 결과를 얻었다. 총지방 함량은 4.4~4.7%로 감마선 조사에 따른 변화는 없었

고, 과산화물가와 TBA는 모든 시험군에서 저장기간이 경과됨에 따라 증가되었으며, 실온저장이 냉장보다 그리고 합기포장이 진공포장보다 높은 산패도를 보였고, 감마선 조사에 의한 영향은 선량이 높아짐에 따라 증가되었다. 휘발성 염기태질소 함량은 감마선 조사직후에는 비조사군과 조사군간에 차이가 없었으나, 저장기간이 경과함에 따라 진공포장하여 3~5 kGy 조사후 냉장한 시험군이 가장 낮은 함량을 나타내었다.

## 감사의 글

이 논문은 1998년도 과학기술부 원자력연구개발과제의 연구비에 의해 수행된 연구결과와 일부로, 그 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

- Rhee, K.S. and Ziprin, Y.A.: Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of heme pigments and nonheme iron and microsomal enzymic lipid peroxidation activity. *J. Food Biochem.*, **11**, 1-15 (1987)
- Rhee, K.S., Anderson, L.M. and Sams, A.R.: Lipid oxidation potential of beef, chicken, and pork. *J. Food Sci.*, **61**, 8-12 (1996)
- Love, J.D. and Pearson, A.M.: Lipid oxidation in meat and meat products. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **48**, 547-550 (1971)
- 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 Co. (1992)
- Lea, C.H., Macfarlane, J.J. and Parr, L.J.: Treatment of meats with ionizing radiations. V. Radiation pasteurization of beef for chilled storage. *J. Sci. Food Agric.*, **11**, 690-694 (1960)
- Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 4th ed., American Oil Chemists' Society, Champaign, IL (1990)
- Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M. W., Struck, G.M. and Olson, F.C.: Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.*, **8**, 326-330 (1954)
- 高坂和久: 畜産物の鮮度保持と測定. *食品工業*, **18**, 105-108 (1975)
- Lefebvre, N., Thibault, C., Charbonneau, R. and Piette, J.P.G.: Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 2. Chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Sci.*, **36**, 371-380 (1994)
- Dempster, J.F., Hawrysh, Z.J., Shand, P., Lahola-Chomiak, L. and Corletto, L.: Effect of low-dose irradiation (radurization) on the shelf life of beefburgers stored at 3°C. *J. Food Technol.*, **20**, 145-154 (1985)
- El-Wakeil, F.A., El-Magdi, Salwa, B.M., and Salama,

- Nadia, A.M.: Effect of radurization on the chemical, microbiological and organoleptic characteristics of poultry meat. *Food Preservation by Irradiation*, Vienna, IAEA-SM-221/10, p.467 (1978)
12. Smith, N.L., Tinsley, I.J. and Bubl, C.E.: The thiobarbituric acid test in irradiation-sterilized beef. *Food Technol.*, **14**, 317-320 (1960)
  13. Brewer, M.S., Ikins, W.G. and Harbers, C.A.Z.: TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long-term frozen storage : Effect of packaging. *J. Food Sci.*, **57**, 558-563 (1992)
  14. 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)
  15. Chang, P.Y., Younathan, M.T. and Watts, B.M.: Lipid oxidation in precooked beef preserved by refrigeration, freezing and irradiation, *Food Technol.* (Chicago), **15**, 168-171 (1961)
  16. Korea Ministry of Health and Welfare: Food Sanitation Law p.217 (1997)
  17. Byun, M.W., Kwon, J.H., Cho, H.O., Lee, M.K. and Kim, J.G.: Physicochemical changes of gamma-irradiated chicken (in Korean), *Korean J. Food Sci. Technol.*, **17**, 186-191 (1985)
  18. 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. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 944-950 (1996)

---

(1998년 7월 3일 접수)