

## 감마선 조사에 의한 우육의 저장에 관한 연구

김년진 · 박용근 · 공운영

원자력청 방사선농학연구소 식품공학연구소

(1972년 3월 30일 수리)

# Studies on the Preservation of Raw Beef by Gamma Radiation

by

Yun Jin Kim, Yong Kun Park and Un Young Kong

Food Technology Division, Radiation Research Institute in Agriculture

Office of Atomic Energy, Seoul, Korea

(Received March 30, 1972)

### Abstract

Studies were made to investigate the influence of vacuum packing after irradiating mean doses of gamma ray at freezing temperature ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) on the keeping quality and color of raw beef. Fresh round steaks were packaged anaerobically in aluminum foil, and irradiated with 0.25 and 0.5 Mrad followed by storage at  $5^{\circ}\text{C}$ .

The shelf life of beef irradiated with 0.5 Mrad could be extended about 10 days longer than unirradiated, and the off-odors was not developed. The discoloration by irradiation was shown, but soon reverted to about 90 percentage myoglobin in 20 hours.

### 서 론

생육의 질(質)이 육제품의 제조에서 뿐만아니라 저장유통과정에서 매우 중요한 역할을 하고 있음은 주지의 사실이거나 한국인의 식생활상 직접 생육을 조리하여 먹는 량이 کم을 감안할 때 방사선조사에 의한 생육의 저장은 조사취(照射臭)와 변색이란 두 가지 점에서 증대한 문제점을 제기하고 있다.

Burks등<sup>(1)</sup>은 우육의 감마선조사에 의하여 생기는 이취성분을 휘발성 amine류라고 보고하였으며 또 함유화합물이라고 보고 하는 사람도<sup>(2)</sup> 있다. 한편 Wick등<sup>(3)</sup>은 gas chromatography 법으로 우육의 조사취 성분을 분리해 낸 결과 대부분 carbonyl화합물이라고 보고하고 있는데 이들 성분의 모체는 주로 단백질과 지질로 알려져 있다.

뿐만아니라 육류물 상온 및 산소존재 하에서 조사하

면 심한 변색을 가져 오는데 이는 Ginger<sup>(4,5)</sup> 등이 밝힌 바와 같이 metmyoglobin의 생성에 의한 갈변과 porphyrin핵의 개열에 의한 청색색소의 생성으로 여겨지고 있다. 그의 당 amino 반응에 의한 변색이 일어날 수 있는 가능성을 제시한 보고<sup>(6)</sup>도 있으나 확실한 것은 밝혀지지 않고 있다.

이러한 난점을 개선하는 데는 극저온에서의 동결조사와 저선량조사 및 진공포장방법 등이 유효하다고 보고 되어 왔다. Okazawa등<sup>(7)</sup>은 동결조사를 함으로써 식품성분의 변질을 방지할 수 있다 하였고 Pierson등<sup>(8)</sup>은 우육을 진공포장하였던 바 10여시간 이내에 100%의 myoglobin으로 환원되어 좋은 육색을 보였다고 보고 하였다.

따라서 본 실험은 포장 조사우육의 서관화에 대한 기본자료를 얻고자 진공포장과 극저온에서의 중선량조사가 우육의 질과 shelf life에 미치는 영향을 검토하였기

에 그 결과를 보고한다.

실험재료 및 방법

1. 시료조제 및 포장

선도가 우수한 순 정육의 round 부위를 서울 시내 도살장에서 직접 구입하여 cutting machine으로 2×5×4 cm 크기의 50 gr 단위로 절단하였다. 절단된 우육은 공기불투과성의 aluminum foil에 진공포장하여 시료로 하였다.

2. 조사 및 저장

각 시료는 본 연구소의 25000 Ci Co<sup>60</sup> irradiator를 사용하여 조사하였다. 조사시 dry ice를 사용하여 -20°C로 냉동시킨 후 0.25 Mrad 및 0.5 Mrad로 조사하고 5±1 °C의 저온에서 저장하였다.

3. 실험방법

포장 조사된 시료는 48시간 간격으로 아래의 전 실험을 세 번 반복으로 실험하였다.

a) 산패도 (Rancidity): Witte등<sup>(9)</sup>의 방법에 의하여 측정하였다.

b) 휘발성염기질소 (Volatile basic nitrogen; 이하 VB-N라 약칭함): 시료 20 gr을 평취하여 증류수 40 ml와 함께 Waring blender상에서 2분간 마쇄하고 균일하게 혼합한 후 10 ml를 취하여 10% TCA용액 10 ml를 가해 40°C water bath 상에서 30 분간 가운한다. 여과하여 얻은 여액 1 ml로 microdiffusion method<sup>(10)</sup>에 의하여 측정하고 g 당 mg으로 표시했다.

c) 세균수: Phillips 등<sup>(11)</sup>의 방법에 준하여 측정하였다.

d) pH: A.O.A.C.<sup>(12)</sup>방법에 의하여 측정하였다.

e) 육색소: Synder<sup>(13)</sup>와 Stewart 등<sup>(14)</sup>의 방법에 따라 Baush and Lomb model Spectronic 20 spectrophotometer(with reflectance attachment)를 사용하여 측정하였다.

f) 관능검사: 미리 훈련된 5명의 panelist에 의해 5 점법으로 color 및 odor를 측정하였다. 측정시에는 fresh beef를 표준체로 하였으며 각 시료는 개봉 후 15분간 공기 중에 노출시킨 뒤 관능검사를 하였다.

결 과

1. 산패도의 변화

전 저장기간 중 TBA value의 변화는 별다른 증가를 보이지 않으며 또한 선량에 따른 차이를 인정할 수가 없을 정도로 변화상이 심했다. 시료 1,000 g 중 TBA

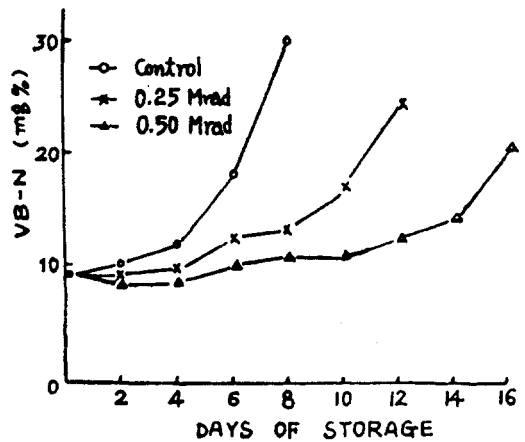


Fig. 2. Changes of VB-N in anaerobically packaged beef after irradiation for 5°C storage

와 반응하는 malonaldehyde의 mg수를 TBA value로 한 산패도의 저장중 변화는 Fig. 1에 표시된 바와 같다.

2. VB-N의 변화

저장초기에는 별다른 차이를 보이지 않다가 4일경부터 격차를 나타내어 대조구는 조사구보다 급격한 상승을 하고 있다 (Fig. 2). 또한 선량의 증가에 반비례하여 낮은 VB-N량을 보이고 있다. 부패도와 VB-N와의 관계는 높은 상관관계를 보여 15 mg% 이상에서 부패로 인정되었으며 여기에 도달하는 시기는 대조구가 5일 임에 비하여 0.25 Mrad와 0.75 Mrad의 조사구는 각각 9일, 15일 전후부터였다.

3. 세균수의 변화

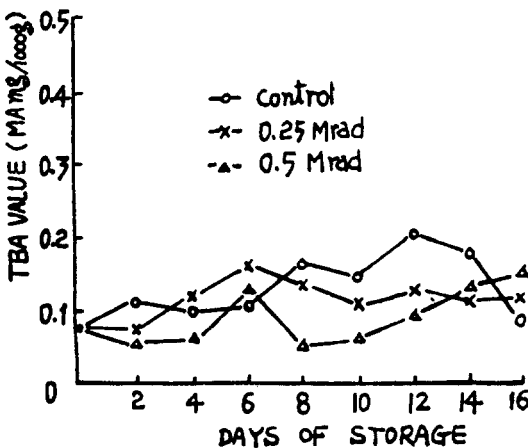


Fig. 1. Changes of TBA values in anaerobically packaged beef after irradiation for 5°C storage

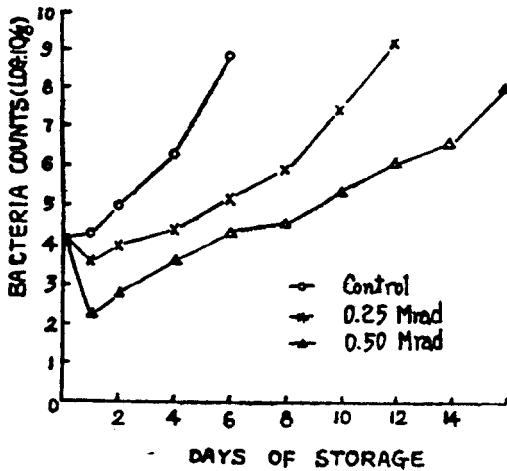


Fig. 3. Changes of microbial counts in anaerobically packaged beef after irradiation for 5°C storage. Colonies were counted after incubation for 48±2 hr. at 35±1°C by using tryptone glucose extract agar medium

Fig. 3에서 보는 바와 같이 저장중 우육의 생균수는 조사전 10<sup>4</sup>/g이던 것이 조사 후 많은 감소현상을 보여 0.25 Mrad 조사구는 4×10<sup>3</sup>/g, 0.5 Mrad 조사구는 2×10<sup>2</sup>/g으로 격감하고 있다. 대조구는 2 일경부터 급속한 증가를 하여 5일 후 5×10<sup>7</sup>/g으로 불었고 이 수에

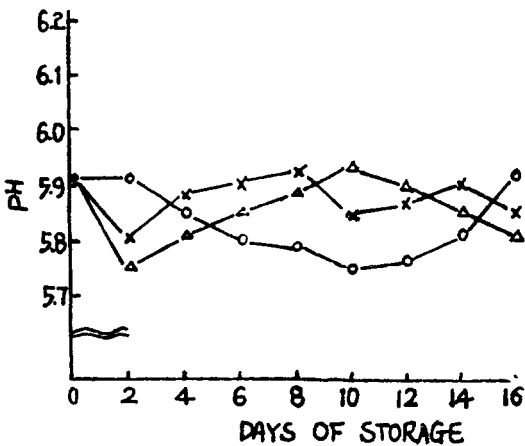


Fig. 4. Changes of pH in anaerobically packaged beef after irradiation for 5°C storage

도달하자면 조사구는 0.25 Mrad가 10일 후, 그리고 0.5 Mrad조사구가 14일로서 완만한 증가를 보이고 있다.

4. pH의 변화

저장기간 중 우육의 pH는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 별다른 변화를 보이지 않고 pH 5.7~5.9사이를 유지하고 있다. 또한 방사선조사의 영향이 약간 나타나 대조구보다 약간 높은 pH를 유지하며 저장 후기에 가서 반대 현상을 보이고 있다.

5. 육색소의 변화

저장기간 중 육색소의 변화는 Fig. 5에 표시된 바와 같다. 일반적으로 저장기간의 연장에 따라 myoglobin (이하 Mb라 약함) 함량의 증가를 가져 왔고 반대로 metmyoglobin(이하 MetMb라 약함)은 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 방사선조사의 영향이 커서 MetMb의 환원을 저해하여 대조구에 비해 높은 MetMb함량을 나타내고 있다.

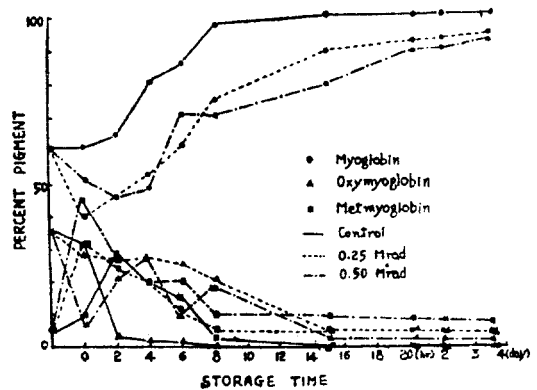


Fig. 5. Changes of meat pigments in anaerobically packaged beef after irradiation for 5°C storage

80%이상의 Mb함량에 도달하는 시간은 대조구가 4시간, 0.25 Mrad조사구가 10시간, 그리고 0.5 Mrad조사구가 16시간 정도였고 oxymyoglobin(이하 MbO<sub>2</sub>라 약칭함)과 Met Mb함량은 대조구의 경우 8시간 후에는 찾아볼 수 없었고 조사구에서는 13시간 후 부터 10~15%정도를 유지하고 있다.

6. 관능 검사

측정된 color와 odor를 평균치로 하여 저장 중의 변화를 graph로 표시하면 Fig. 6과 같다.

대조구는 저장기간의 연장에 따라 점진적인 score의 감소를 보이거나 조사구는 저장초기에 약간 떨어지는 경향을 보이다가 다시 회복하여 6~8일 경에는 아주 좋은

결과를 보였으며 역시 저장후기에 가서 저하됨을 알 수 있다. 모든 시료에서 조사취는 감지할 수 없었고 산패취 또한 발견되지 않았다. 이러한 조사우육의 좋은 육색은 진공포장에 의한 Met Mb의 환원에 기인된다고 생각된다.

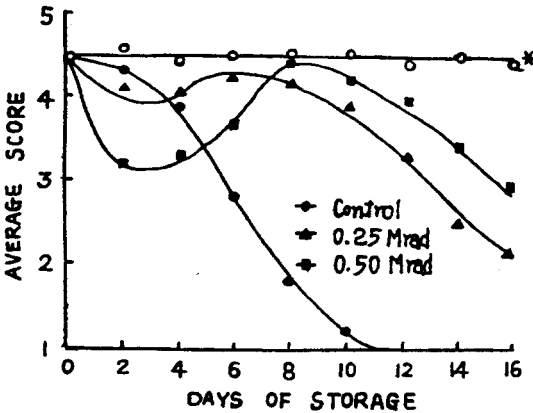


Fig. 6. The effect of gamma-radiation on the sensory scores of anaerobically packaged beef during the storage at 5°C

\*The freshly cut sample was used as a control

\*\*Sensory scores : 5=excellent, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=unacceptable.

고 찰

축육에 방사선을 이용하여 저장기간을 연장코자함은 미생물을 불활성화시키자는 것으로 이러한 식품미생물을 완전 살균하자면 4.5 Mrad정도의 선량을 요한다고 한다.<sup>(15)</sup> 그러나 이러한 고선량으로는 metmyoglobin의 생성을 촉진하여 육색을 악화시키고 구조단백질의 변성 및 지방산패를 수반하므로 저선량으로 조사하고 저온에서 저장하여 그 shelf life를 연장하는 것이 급일의 일반적인 경향이다.

축육이 부패했을 때는 휘발성 염기질소의 발생으로 암모니아 취를 느끼고 또 지방이 산패하여 산패취를 낸다. VB-N와 부패도는 밀접한 관계를 가지며 또 총균수와도 평행한 경향을 보인다. 이는 방사선에 의한 단백질의 분해가 일어나지 않고 미생물에 의한 부패과정에서 암모니아를 생성하기 때문이라고 생각할 수 있다 (Fig. 2, Fig. 3). VB-N의 양은 15 mg% 또 총균수는  $5 \times 10^7/g$ 을 부패시점으로 보면 대조구가 약 5일 후에 도달됨에 비하여 조사구에서는 0.25 Mrad가 10일 전

후, 0.5 Mrad가 15일 전후가 된다. 이러한 저장기간의 연장은 방사선에 감수성이 강한 균들의 불활성과 진공포장에 의한 2차 오염의 방지에 기인되는 것으로 *Pseudomonas*속 몇몇의 균들만의 번식이 가능하기 때문이다.

Morgan<sup>(16)</sup>과 Shea<sup>(17)</sup>에 의하면 생육에 0.05~1 Mrad로 조사한 후 0.5°C에서 저장하면 대조구에 비해 5~10배의 보존기간을 연장할 수 있다고 했는데 이는 효소의 불활성화를 하지 않고는 이루어 질 수 없으며 Chiambalero등<sup>(18)</sup>이 밝힌 바와 같이 상온에서의 장기 저장에 필요불가결한 요소라 하겠다.

방사선은 지방산패를 촉진하여 TBA와 반응해서 적색화합물을 형성하는 malonaldehyde와 glyoxal등을 생성한다고 보고 되었고<sup>(19)</sup> 또 이러한 TBA value는 지방산의 조성, pH, 시료의 크기 및 온도에 많은 영향을 받는다고 알려져 있다.<sup>(20)</sup> 특히 pH는 TBA value와 역 상관관계에 있다고 보고되었는데<sup>(21)</sup> Fig. 1과 Fig. 4가 이와같은 관계를 잘 표시하고 있다. 저장중 pH의 변화가 거의 일정한 수준에서 계속되고 있음은 진공포장에 의한 drip loss에 기인된 것으로 생각된다.

中井등<sup>(22)</sup>은 우육에 방사선조사를 했을때 선량의 증가에 따라 적색의 증가를 보이나 일정시간 공기 중에 방치하여 선적색을 나타내는 효과는 감소한다고 말하고 있다. 산화된 myoglobin이 다시 진공포장에 의해 환원되는 것은 cytochrome의 호흡작용에 관여하는 효소에 의한 것으로<sup>(23)</sup> 선량의 증가에 따라 환원속도가 늦은 것은 이들 효소의 활성저해에 있다고 할 수 있을 것이다. 그러나 대략 20시간 이내에 조사우육이라도 90%정도의 Mb을 보임은(Fig. 5) 퇴색의 문제해결에 큰 도움이 될 것으로 추측된다.

이러한 화학적 물리적 검사를 관능검사와 비교해 보면 대략 비슷한 결과를 보이고 있다. 선량의 증가에 따라 저장기간이 연장되고 또 육색의 호전으로 좋은 score를 보였는데 조사취가 나지 않음이 또한 도움이 되었을 것이다. 그러나 조사취와 산패취 그리고 부패취를 감별하기란 쉬운 일이 아니며 조리 에 의한 미감도 검사되어야 할 것이다. 이와같이 육성분에 어떤 영향을 주지않고 저장기간을 연장시킬 수 있는 방사선조사는 앞으로 안전성실험을 거치므로써 식량비축에 큰 역할을 담당하게 될 것이다.

요 약

진공포장과 극저온에서의 중선량조사가 우육의 저장성 및 육색에 미치는 영향을 연구하기 위해 aluminum foil로 진공포장하고 0.25 Mrad와 0.5 Mrad로 조사한 후

5°C에서 저장했다. 저장 중 우유의 신선도와 육색소의 변화를 경시적으로 측정했다.

우유의 shelf life는 0.5 Mrad조사로써 비조사육보다 약 10일간 연장되었고 조사취는 나지 않았다. 또한 육색소도 방사선조사에 의하여 약간의 퇴색을 초래했으나 곧 회복되어 약 20시간 후에는 90%의 Mb을 나타냈다.

### 참 고 문 헌

- 1) Burks, Jr., R. E., Baker, E. B., Clark, P., Esslinger, J. and Lacey, Jr., J. C.: *J. Agr. Food Chem.*, 7, 778 (1959).
- 2) Batzer, O. F., Sribney, M., Doty, D. M. and Schweigert, B. S.: *J. Agr. Food Chem.*, 5, 700 (1957).
- 3) Wick, E. L., Koshika, M. and Mizutani, J.: *J. Food Sci.*, 30, 433 (1965).
- 4) Ginger, I. D., Lewis, U. J. and Schweigert, B. S.: *J. Agr. Food Chem.*, 3, 156 (1955).
- 5) Ginger, I. D. and Schweigert, B. S.: *J. Agr. Food Chem.*, 4, 885 (1956).
- 6) Yamada, K. and Amano, K.: *Bull. Tokai Region Fish Res. Lab.*, 27, 47 (1960).
- 7) Okazawa Y., Asaga, H. and Matsuyaya: *Food Irradiat. (Japan)*, 2 (1), 15 (1960).
- 8) Pierson, M. D., Collins-Thompson, D. L. and Ordal, Z. J.: *Food Technol.*, 24, 1171 (1970).
- 9) Witte, V. C., Krause, G. F. and Bailey, M. E.: *J. Food Sci.*, 35, 582 (1970).
- 10) Conway, E. J. 原著 (石坂音治譯): 微量擴散分析及び 誤差論, 南江堂 (1962).
- 11) Phillips, A. W., Newcomb, H. R., Robinson, T., Bach, F., Clark, W. L. and Whitehill, A. R.: *Food Technol.*, 15, 13 (1961).
- 12) AOAC: *Official Methods of Analysis*, 9th ed., (1960).
- 13) Synder, H. E. and Armstrong, D. J.: *J. Food Sci.*, 32, 241 (1967).
- 14) Stewart, M. R.: *J. Food Sci.*, 30, 464 (1965).
- 15) 松山 晃: 日本食品工業學會誌, 11, 34 (1964).
- 16) Morgan, B.: *Food Process.*, 18, 24 (1957). 6, 105 (1959).
- 17) Shea, K. G.: *Food Technol.*, 12, 6 (1958).
- 18) Chiambalero, C. J., Johnson, D. A. and Drake, M. P.: *Agr. Food Chem.*, 7, 782 (1959).
- 19) Smith, N. L., Tinsley, I. J. and Bubl, E. C.: *Food Technol.*, 14, 317 (1960).
- 20) Keskinel, A., Ayres, J. C. and Snyder, H. E.: *Food Technol.*, 8, 223 (1965).
- 21) Witte, V. C., Krause, G. F. and Bailey, M. E.: *J. Food Sci.*, 35, 582 (1970).
- 22) 中井博康, 齋藤不三男: 原子力工業 (日本), 16 (11), 14 (1970).
- 23) 加藤舜郎: 食肉の 低溫處理, p.133 (1968).