

放射線 照射에 의한 肉類製品의 貯藏에 관한 研究

第 1 報 : 햄의 貯藏

權重浩 · 邊明宇 · 趙漢玉

韓國에너지研究所

(1983年 5月 31日 受理)

Preservation of Meat Products by Irradiation

I. Storage of Ham

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun and Han-OK Cho

Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul 131, Korea

(Received May 31, 1983)

Abstract

The effect of irradiation on the shelf-life of commercial ham products and its quality were investigated during eight weeks storage at 30°C following 3-8kGy irradiation. Total bacterial count of unirradiated group was proliferated from 5.4×10^3 per gram of sample to 10^6 after two weeks storage but the bacterial count in irradiated group was propagated to the same level after three to five weeks storage and the growth of coliform group was shown negative.

The freshness of stored ham was better in irradiated group than in unirradiated one and the changes in components related to the quality of ham were almost the same between unirradiated and irradiated group. Discoloration and irradiation odor were positive in 8kGy irradiated group according to the sensory test, but 5 kGy irradiated group was not only good in texture but also in the extension of shelf-life to more than two times as compared with that of unirradiated one.

序 論

放射線 照射에 의한 食品의 保存은 殺菌, 殺虫 및 發芽抑制等の 效果를 利用하여 그 貯藏성을 높이는 수 단으로 연구되고 있다. 肉類製品의 放射線 照射은 殺菌에 그 목적이 있으며, 소련, 캐나다, 네델란드등 여러 나라에서 연구가 활발히 進行되어 현재 쇠고기, 돼지고기, 닭고기등에 3~8 kGy 범위의 감마선 조사가 産業的으로 實用化되고 있다.¹⁾

放射線을 照射한 食品의 健全性에 대한 연구는 영양학적, 미생물학적 및 독성학적 분야에 대하여 과거 30여

년간 국제수준의 연구소에서 수행되었으며, 그 결과 1980년 FAO/IAEA/WHO 공동 전문위원회에서는 평균 10kGy (1 Mrad) 까지 照射된 어떠한 食品도 안전하다는 결론²⁾을 내린 바 있어 현재 세계 23개국에서 39개 식품이 法的으로 許可되어 실용화되었거나 特殊 目的에 利用되고 있다.³⁾

오늘날 食品에 添加되는 각종 화학약품(보존제등)이 潜在的으로 人体에 有害하다는 결론에 이르게 됨에 따라 放射線 照射가 이에 대한 적절한 代替方法으로 대두되게 되었다. 방사선에 의한 肉類製品의 貯藏 연구로는 外國의 경우 照射肉類의 flavor와 texture에 관

한 報告^(4,5)와 放射線照射時 냉동처리가 肉類에 미치는 効果⁽⁶⁾ 및 그 健全성에 관한 檢討⁽⁷⁾ 등이 있으며, 국내에서는 쇠고기⁽⁸⁾ 소세지⁽⁹⁻¹⁰⁾에 대한 방사선 조사의 效果 등이 부분적으로 연구되었다.

저자들은 최근 3년간 평균 연간 생산량이 1,400톤⁽¹¹⁾에 이르고, 매년 그 소비량이 증가될 것으로 기대되는 햄제품의 방사선에 의한 貯藏性 實用化 可能性을 검토하였던 바 몇가지 기초자료를 얻었기에 보고한다.

材料 및 方法

放射線照射 및 貯藏

시판되고 있는 진공포장된 햄(J社제품)을 제조일로부터 3일 경과된 것을 1982년 12월에 구입하여 한국에너지연구소내 10,000Ci ⁶⁰Co감마선 照射室에서 3, 5 및 8 kGy를 常溫照射하고 30 ± 1℃ 항온기에 보관하면서 照射直後와 貯藏 2, 4, 6, 8주에 각각 分析試料로 사용하였다.

微生物 檢査

가. 生菌數: Anderson의 方法⁽¹²⁾에 따라 standard plat ecouting method에 의하여 측정하였다.

나. 大腸菌群: Desoxycholate agar를 이용한 plate method⁽¹³⁾에 따라 실시하였다.

新鮮度 試驗

가. TBA值: 2-thiobarbituric acid value는 Turner의 抽出法⁽¹⁴⁾에 준하여 538mμ에서의 吸光度로 나타 내었다.

나. 過酸化物值: 시료의 peroxide value는 요오드 적정법⁽¹⁵⁾에 의하였다.

pH

AOAC 公定法⁽¹⁶⁾에 따라 측정하였다.

澱粉 및 아미노態 窒素⁽¹⁷⁾

전분은 酸 가수분해에 의한 Somogyi변법으로, 아미

노태 질소는 formol적정법으로 각각 측정하였다.

管能檢査 및 texture

관능검사는 color와 odor는 5점법을 써서 5명의 管能試驗員에 의해 2주 간격으로 실시하였고, texture는 저장 4주된 시료를 Instron universal testing machine을 사용하여 堅固性(hardness), 附着性(adhesiveness), 凝集性(cphesiveness), 彈性(elasticity 또는 springiness) 및 씹힘성(chewiness)을 測定하였다.

結果 및 考察

微生物의 生育

햄 저장中 生菌數 및 大腸菌群의 변화는 Table 1과 같다.

照射 直前의 총 세균수는 g당 5.4 × 10³ 정도 였으나 放射線照射直後 급격히 감소하여 3 kGy에서 3.1 × 10³, 5 kGy에서 2.6 × 10³, 8 kGy에서 1.0 × 10³ 으로 각각 나타났다. 육제품의 생균수는 部位와 시료처리 등의 난점으로 제품의 變敗度와 정확한 연관은 어려우나, 대략 10⁶/g을 부패시점⁽⁸⁾으로 간주한다면 이 세균수에 도달하는 저장기간은 非照射區가 2주경에, 3 KGy 照射區가 約 3주, 5 kGy와 8 kGy 照射區가 4 ~ 5주 정도가 각각 소요되었다. 일반세균에 대한 放射線살균작용은 세균의 종류, 농도(數), 培地의 화학적 조성과 물리적 상태 및 照射後 저장조건등에 따라 살균에 필요한 線量이 달라진다.⁽¹⁸⁾ 방사선에 의한 저장기간의 연장은 방사선감수성이 강한 균들의 不活性化와 진공포장에 의한 2차오염 방지에 기인된 것으로 생각된다. 한편 대장균군은 非照射區에서는 陽性으로 나타났으나 照射區에서는 陰性을 보여 일반세균보다 높은 방사선 감수성을 보였으며, 3 kGy 정도의 비교적 낮은 照射線量으로도 滅菌이 되었다. 그러나 식

Table 1. Changes in total bacterial counts and coliform group of irradiated ham during storage*

Dose (kGy)	0		3		5		8	
	Total B.	E. coli	Total B.	E. coli	Total B.	E. coli	Total B.	E. coli
0	5.4 × 10 ³	+	3.1 × 10 ³	-	2.6 × 10 ³	-	1.0 × 10 ³	-
2	1.0 × 10 ⁶	+	8.5 × 10 ⁴	-	2.8 × 10 ⁴	-	4.4 × 10 ²	-
4	9.3 × 10 ⁶	++	1.2 × 10 ⁶	-	9.4 × 10 ⁵	-	4.2 × 10 ⁴	-
6	4.1 × 10 ⁷	++	4.8 × 10 ⁶	-	2.1 × 10 ⁶	-	1.6 × 10 ⁶	-
8	2.6 × 10 ⁸	+++	6.2 × 10 ⁸	-	2.3 × 10 ⁷	-	8.6 × 10 ⁶	-

* count/g, ** (+)positive, (-)negative

Table 2. Changes in TBA and peroxide values of irradiated ham during storage

Storage period (week)	Dose (kGy)				POV(meq/kg)			
	0	3	5	8	0	3	5	8
0	0.02	0.01	0.02	0.04	—	—	—	0.01
2	0.14	0.08	0.10	0.06	0.12	0.07	0.05	0.21
4	0.29	0.26	0.24	0.21	0.27	0.10	0.08	0.36
6	0.54	0.32	0.30	0.34	0.31	0.20	0.18	0.28
8	0.89	0.38	0.36	0.40	0.26	0.21	0.20	0.29

*Optical density at 538m μ

육제품에 대한 규격 및 기준(보사부 고시 제 81-26호, 1981. 4. 11 개정)에 의하면 일반세균의 기준은 없으나 대장균군은 陰性이어야 한다고 규정되어 있다.

新鮮度의 变化

저장중 햄의 酸敗度를 알아보기 위하여 TBA가와 과산화물가를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

저장기간의 경과에 따라 점차 TBA가 증가하였으며, 照射線量 間에는 큰 차이를 보이지 않았으나 非照射區는 저장 4 주 후부터 TBA가 급격한 증가를 나타 내었다. 한편 peroxide가는 非照射區와 8 kGy 照射區에서 저장 4 ~ 6 주에 최고값에 달하여 酸敗의 최성기를 나타내었으나 3 및 5 kGy 에서는 저장 8 주까지 계속 증가하였다. 일반적으로 방사선은 지방의 산패를 촉진하고, TBA가는 지방산의 조성, pH 및 온도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.⁽¹⁹⁾

Turner 등⁽¹⁴⁾은 냉동시킨 돼지고기를 17개월간 저장하였을 때 TBA가는 계속 증가하였으나 peroxide가는

저장중기에 높았다가 다시 감소하였다고 보고하여 대체적으로 본 실험 결과와 유사한 경향이었으며, 한편 Savagaon 등⁽²⁰⁾은 조리한 새우에 100 krad의 放射線을 照射하였을 때 저장중 malonaldehyde의 함량은 거의 증가하지 않았다고 보고하였다.

pH의 变化

저장 기간중 pH 변화는 Fig. 1 과 같다.

저장기간의 경과로 pH가 다소 낮아 졌으며, 저장 전 기간을 통해 pH는 큰 변화가 없었으나 照射區에 비해 非照射區는 그 변화가 약간 심하게 일어났다.

澱粉 및 아미노態 窒素

저장중 전분 및 아미노태 질소의 함량변화는 Fig. 2, 3 과 같다.

放射線 照射에 따른 햄 전분의 함량변화를 보면 非照射區에 비해 照射線量이 높아짐에 따라 약간의 증가를 보였으나 저장기간의 경과로 점차 감소현상이 나타 났을뿐 거의 변화가 없었다. 이 같이 방사선 조사

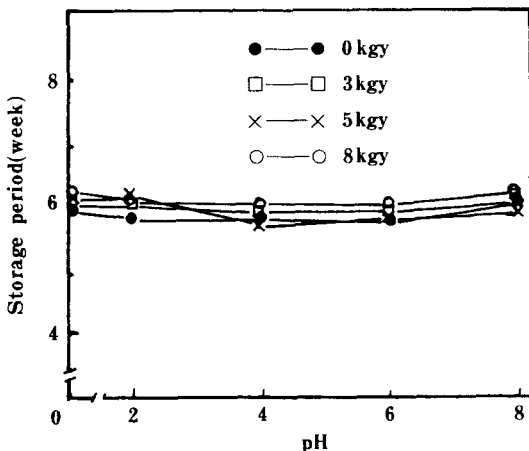


Fig. 1. Changes in pH of irradiated ham during storage

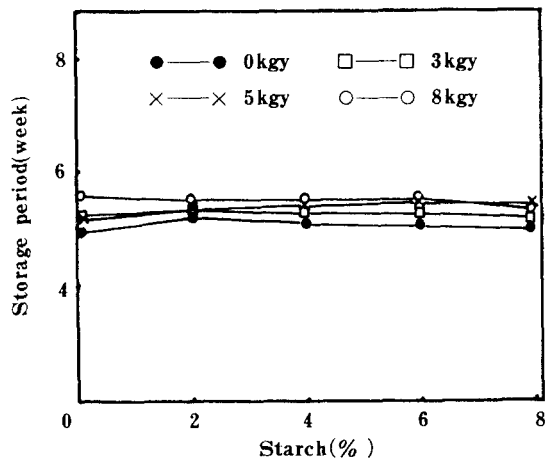


Fig. 2. Changes in starch of irradiated ham during storage

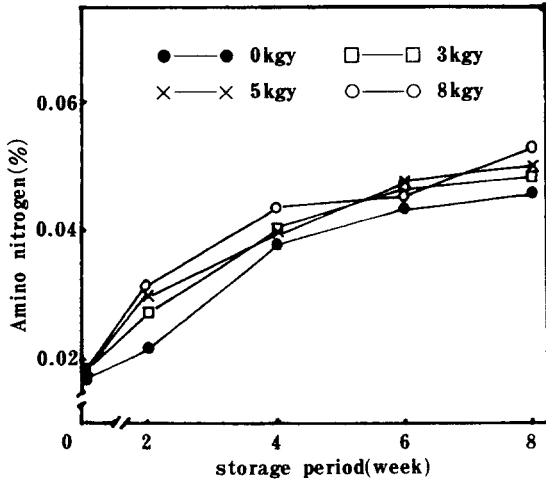


Fig. 3. Changes in amino nitrogen of irradiated ham during storage

에 의해 전분질 함량이 다소 높아진 것은 放射線에 의해 肉組織이 軟化되어 分解 및 抽出이 용이해진 것이라 생각되며, 실제로 그 성분에 큰 영향을 주었다고는 생각되지 않는다.

한편 아미노태 질소의 변화를 보면 아주 微量으로써 照射 直後에는 거의 영향을 없었으나 전반적으로

照射線量の 증가와 저장기간의 연장으로 그 함량이 점차 증가하여, 放射線이 肉類 蛋白質 성분에 다소나마 영향을 미치는 것으로 생각된다.

官能檢査 및 texture

저장중 햄의 color, odor 및 texture를 측정한 결과는 Table 3, 4 와 같다.

관능검사에서 저장기일에 경과에 따라 전반적인 score가 감소하였으며, color에 있어서는 照射直後 8 kGy区에서 약간의 褪色現象이 인정되었고, 5 kGy 이하의 線量에서는 非 照射区和 차이가 나타나지 않았다. 한편 저장기간이 6주 이상이 경과 되었을 때는 照射区에 비해 非 照射区가 심한 變敗등으로 color가 나빠 졌는데, Kume등⁽²¹⁾은 vienna sausage에 감마선을 조사하였을 때 褪色現象은 포장용기内的 산소함량이 크게 영향을 미치며, 이 때 nitroso-heme complex가 파괴되기 때문이라고 한다. 본 실험에서는 진공 포장된 시료를 사용하였으므로 30℃의 고온에서도 4주까지 비교적 안정하였다.

또한 oder에서는 照射直後 8 kGy에서는 약간의 異臭가 느껴졌으며, 저장 6주이후에는 심한 酸敗등으로 非 照射区和 8 kGy区에서는 socer가 심하게 낮아졌다. 김등⁽⁸⁾은 쇠고기의 저장 실험에서 照射시킨 쇠고

Table 3. Sensory scores of irradiated ham during storage*

Dose (kgy)	Color				Odor			
	0	3	5	8	0	3	5	8
Storage period weeks								
0	4.6	4.6	4.4	4.0	5.0	5.0	4.8	4.4
2	4.4	4.4	4.4	4.0	4.4	4.4	4.6	3.8
4	4.2	4.4	4.4	3.8	3.0	3.4	3.8	2.6
6	4.0	4.0	4.0	3.6	1.2	2.2	2.6	2.0
8	3.8	4.0	4.0	3.6	1.0	2.0	2.2	1.0

*sensory scores were rated using a scale of 1-5, where 5:excellent, 4:good, 3:fair, 2:poor, 1:unacceptable

Table 4. Textural parameters of irradiated ham after 4 weeks storage*

Characteristics	Hardness	Adhesiveness	Cohesiveness	Elasticity	Chewiness
	(kg)	(cm ²)		(mm)	(kg. mm)
Dose (kGy)					
0	11.12±0.6	1.12±1.1	0.37±0.01	36±0.2	148.18±8.2
3	7.88±0.5	1.12±0.2	0.41±0.02	38±0.2	125.29±7.8
5	7.13±0.4	0.88±0.1	0.40±0.01	38±0.4	108.30±7.2
8	5.80±0.4	0.80±0.1	0.47±0.02	38±0.4	103.79±7.4

*experimental conditions; plunger φ:1.5cm, clearance:2mm, cross head speed:100mm/min, chart speed:200mm/min, sample height:20mm.

기의 color 및 oder가 저장 초기에는 약간 떨어 졌으나 다시 회복 하였다고 보고하여 본 실험의 결과와는 다소 상이하다.

한편 저장 4 주된 시료의 texture는 Table 4 에서와 같이 照射線量 증가에 따라 堅固性이 낮아져 8 kGy照射區에서는 다소 심하였다. 이 같은 현상은 잘 알려진 사실로서 식품의 종류에 따라 다르지만 食品組織의 軟化效果로도 설명될 수 있다. 또한 附着性과 씹힘성은 線量의 증가에 따라 다소 감소한 반면, 凝集性과 彈力性은 조금씩 증가하는 경향이였다. Segar 등⁽⁶⁾은 육제품에 방사선을 조사할 때 冷凍처리가 시료의 堅固性, 凝集性 및 씹힘성의 증가효과가 있다고 하였으며, 高板⁽²²⁾은 햄과 같이 筋纖維가 포개져있는 식품에서는 plunger가 닿는 부분의 육질 및 지방질 함량에 따라서 측정치가 달라 진다고 하여 이 같은 시료의 texture 측정에는 시료의 채취에 특히 유의해야 하겠다. 이 같이 放射線 照射에 의해 textural parameter가 약간씩 달라지고 있으나 육제품에 방사선을 조사하는 목적이 냉장하지 않고 미생물을 살균하여 2차오염이 없이 저장기간을 연장시키기 위한 것이므로 5kGy 정도의 線量에서 시료의 texture 변화는 문제가 되지 않는다고 생각된다. 이상의 내용에서와 같이 본 실험에서는 30℃의 고온에서도 방사선 조사에 의해 햄의 저장기간이 2 배정도 연장되었으나, 저온 및 실온 저장에서는 더욱더 장기간 품질을 보존할 수 있을 것으로 기대된다.

要 約

放射線 照射가 햄 제품의 저장성과 품질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 시료에 3.5 및 8kGy의 감마선을 照射시켜 30℃에서 8주간 저장하면서 微生物의 生育, 理化學的 特性 變化 및 官能實驗을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 非 照射區의 初期 生菌數 가 g당 5.4×10^3 이던 것이 2주간 저장후에는 10^6 이였으며, 照射區에서는 3~5주간 저장후에 非 照射區와 거의 같은 정도로 미생물이 增殖하였고, 大腸菌群은 照射區에서는 陰性으로 나타 났다.

2. 新鮮度는 3~5 kGy 照射區가 우수하였으며, 成分의 變化도 非 照射區와 照射區間에 거의 차이가 없었다.

3. 官能檢査에 있어서는 8kGy 照射區에서 褪色 및 異臭가 認定되었고, texture에서는 5kGy 照射區가 우수하였을 뿐 아니라 저장기간도 非 照射區에 비하여

2 배 이상 연장시킬 수 있었다.

文 獻

1. Final report of the coordinated research programme by the joint FAD/IAEA division of atomic energy in food and agriculture : *Wholesomeness of the Process of Food Irradiation, IAEA-TECDOC-256*, p. 143(1981)
2. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee : *Wholesomeness of irradiated food, WHO Technical Report Series-659*, p 31(1981)
3. Final report of the coordinated research programme by the FAO/IAEA division of isotope and radiation application of atomic energy for food and agricnlurel development : *IAEA-TECDOC-256*, p. 6 (1981)
4. Coleby, B., Ingram, M., and Shephard, H. J. : *J. Sci. Food Agric.*, 5, 417(1961)
5. Segars, R. A. : *J. Texture Stud.*, 6, 211 (1975)
6. Segars, R. A. and Cardello, A. V. : *J. Food Sci.*, 46, 999(1981)
7. Barna, J. : *Acta Alimentaria*, 8, 205(1979)
8. 김년진, 박용근, 공운영 : 한국식품과학회지, 4, 95(1972)
9. 김년진, 박용근, 서돈영 : 한국식품과학회지 : 4, 100(1972)
10. 김년진, 공운영, 권중철 : 한국식품과학회지, 5, 89(1973)
11. 농수산부 축산국 통계자료(1983)
12. Anderson, A. W. and Nordan, H. C. : *Food Technol*, 10. 575(1956)
13. 서울특별시 보건연구소 : 병원미생물 검사요원 교재(1976)
14. Turner, E. W, Paynter, W. D. and Montie, E. T. : *Food Technol.*, 8, 326(1954)
15. Rockwood, B. N., Ramsbottom, J. M. and Mehlenbacher, V. C. : *Anal. Chem.*, 19, 853 (1947)
16. Association of Official Analytical Chemists : *Official Methods of Analysis*, 13th ed. Washington, D. C. (1980)
17. 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之 : 食品分析ハンドブック, 建帛社, p. 58, 217(1977)

18. IAEA technical reports series No. 114 :
Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques, IAEA, Vienna, p.37(1970)
19. Keskinel, A., Ayres, J.C. and Snyder, H. E.
: *Food Technol.*, 8, 223(1965)
20. Savagaon, K. A. and Venugopal, V. : *J. Food Sci.*, 37, 151(1972)
21. Kume, T., Aoki, S. and Sato, T. : *Japan. Soc. food Sci. and Technol.*, 25, 29(1978)
22. 高板知久 : *食品工業(日本)*, 14, 38(1971)