

## 감마선 조사된 돈육의 저장중 이화학적 성질 변화

곽희진 · 강일준\* · 김현구\*\* · 장학길\*\*\* · 박승애  
세종대학교 가정학과, \*한림대학교 식품영양학과,  
\*\*한국식품개발연구원, \*\*\*경원대학교 식품생물공학과

### Changes of Physicochemical Properties of Gamma Irradiated Porks during Storage

Hee-Jin Kwak, Il-Jun Kang\*, Hyun-Ku Kim\*\*, Hac-Gil Chang\*\*\* and Seung-Ae Park

Department of Home Economics, Sejong University,

\*Department of Food and Nutrition, Hallym University,

\*\*Korea Food Research Institute,

\*\*\*Department of Food Bioengineering, Kyung Won University

#### Abstract

The changes in physicochemical properties of gamma irradiated porks were investigated during storage at different temperature and periods. TBA values increased according to the increment of irradiation dose levels. TBA values of nonirradiated and irradiated samples drastically increased with storage period and temperatures at both 5°C and -20°C. The acid value of porks stored at 5°C was increased rapidly with the elapse of storage period in both nonirradiated and irradiated samples. However, the value decreased with increasing irradiation dose levels. VBN values increased more rapidly in nonirradiated samples than in irradiated samples with the storage period. Especially, VBN value of nonirradiated pork was four times higher than that of 3 kGy-irradiated one. No significant differences in the composition of fatty acids were observed in gamma irradiated samples. Free amino acids were changed with storage periods, but were not significantly affected by gamma irradiation.

Key words: pork, gamma irradiation, physicochemical property

## 서 론

육류는 도살 후 시중에 출하될 때까지 자체의 세균 및 2차오염 등으로 높은 미생물 오염도를 보이며 냉장상태에서도 저온성균의 계속적 증식으로 며칠 정도 밖에 저장성을 갖지 못한다<sup>(1)</sup>. 특히, 돈육은 기생충인 선모충(*Trichnella spirals*)으로 오염되어 있기 때문에 대부분의 나라에서는 완전히 가열 조리하도록 권고하고 있으나, 그래도 선모충 병으로 사망에 이르는 경우가 빈번히 일어나고 있는 실정이다<sup>(2)</sup>. 이에 따라 선모충 병을 방지하기 위한 안전한 돈육처리 프로젝트가 미국의 정부기관과 무역협회에 의해 추진되었으며, 그 결과 1985년 미국 FDA에서는 신선한 돼지고기의

선모충을 없애기 위해 감마선 조사를 허용하였다<sup>(3)</sup>.

식육의 저장기간을 연장하기 위한 방법으로는 온도 조절, 포장방법의 개선, 화학보존료의 처리 등이 있으나, 저온살균법으로 알려져 있는 방사선 살균법은 축산물의 병원성세균 및 기생충 퇴치를 위해 매우 효과적인 것으로 알려져 있다<sup>(4)</sup>. Mattison 등<sup>(5)</sup>은 저선량(1 kGy)으로 조사된 돼지고기 가공품의 관능검사 및 미생물증식 억제 및 지질산패 등에 관한 연구결과에서 저선량의 방사선 조사는 중온성 및 저온성 부패균의 증식억제에 효과적이며, 관능평가 및 지질산패에 거의 영향을 주지 않는다고 보고하였다. Dickson과 Maxcy<sup>(6)</sup>는 발효 소시지를 만들기 위한 고기반죽에 5 kGy의 방사선을 조사함으로써, 호기성전세균과 대장균군 및 *Staphylococci*의 증식을 공중보건 개념의 최저수치까지 억제시킬 수 있었다고 보고하였다. Ehioba 등<sup>(7)</sup>도 진공 포장된 돼지고기의 냉장저장시 방사선 조사가

Corresponding author: Il-Jun Kang, Department of Food and Nutrition, Hallym University, Okchon-dong, Chunchon 200-702, Korea

지질산패와 미생물 증식에 미치는 영향을 연구 보고하였다. 또한, 오랫동안 문제점으로 여겨졌던 식중독 등의 문제점을 해결하는데 방사선 조사의 여러 장점이 보고되고 있으며<sup>(6)</sup>, 저선량의 방사선 처리는 돈육에 의한 tapeworm의 피해나 toxoplasma에 의한 피해를 감소시킬 수 있다고 한다<sup>(2,3)</sup>.

따라서 본 연구는 식육의 위생화 및 저장성 향상을 위해 감마선 조사기술의 이용가능성을 검토할 목적으로 미생물의 살균, 살충 및 선도유지 효과 등에 대한 예비실험을 행한 후 최적선량을 선택하여 돼지고기에 감마선을 조사한 후 냉장, 냉동 저장하면서 이에 따른 이화학적 성질변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 감마선 조사

실험에 사용된 돼지고기는 암수 구별없이 우둔 부위를 구입하여 즉시 meat chopper (Model MN 22S, FUJI)로 갈아 500 g씩 분취하여 polyethylene bag에 포장한 후 ice box에 담아 운송하여 감마선조사 시료로 사용하였다. 감마선 조사는 상업적 다목적용 감마선 조사시설(선원 570,000 Ci Co-60, 그린피아 기술 주식회사)을 사용하여 돼지고기 시료를 ice box에 담아 시간당 0.7 kGy의 선량률로 1, 3 kGy를 조사하였으며, ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하여 총흡수선량을 확인하였다. 감마선 조사된 시료는 비조사구와 함께 냉장(5°C), 냉동(-20°C) 저장하면서 저장기간별로 실험에 사용하였다.

### TBA가 및 산가측정

저장기간과 저장조건에 따른 지질성분의 산패도를 알아보기 위하여 Salih 등<sup>(9)</sup>의 방법에 따라 thiobarbituric acid (TBA)값을 측정하였다. 즉 마쇄한 시료 10 g에 추출용액(3.86% perchloric acid) 90 mL를 넣은 후 250 µL BHT (450 mg/mL ethanol)를 첨가하여 30초간 균질화한 후 여과하였다. 여액 2 mL와 0.02 M thiobarbituric acid액 2 mL를 혼합하여 실온 암소에서 17시간 발색시킨 후 spectrophotometer (Unikon model 930, Kontron Instrument, Switzerland)를 사용하여 531 nm에서 흡광도를 측정하였다.

산가(acid value)는 Bligh와 Dyer<sup>(11)</sup>의 방법으로 추출한 유지시료 5 g을 취해 diethyl ether와 ethanol 혼합액(1:2, v/v) 100 mL를 가한 다음 완전히 용해시킨 후 페놀프탈레인을 지시약으로 0.1 N KOH ethanol 표준용액으로 적정하여 산출하였다.

### 휘발성 염기태질소(volatile basic nitrogen) 측정

시료의 휘발성 염기태질소(volatile basic nitrogen)의 측정은 太田<sup>(10)</sup>의 방법에 따라 마쇄한 시료 10 g을 취하여 증류수 30 mL 과 20% Trichloroacetic acid 10 mL를 가한 후 homogenizer를 사용하여 균질화한 다음 전체부피를 100 mL로 조정하였다. 정용한 액을 10분간 방치한 후 여과지로 여과하여 여액 1 mL을 conway unit 확산용기 외실에 넣고, 내실에 0.01N H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1 mL과 conway 시약 1 mL을 넣은 다음 탄산칼륨 포화용액 1 mL을 외실에 주입하고 밀폐시킨 후 37°C에서 80분간 방치하였다. 내실의 붕산용액을 0.02N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 표준용액으로 적정하여 휘발성 염기태질소 함량을 산출하였다.

### 지방산 측정

지방질의 추출은 Bligh와 Dyer<sup>(11)</sup>의 방법으로 추출하였고 지방산의 분석은 Morrison과 Smith<sup>(12)</sup>의 방법에 준하여 측정하였다.

### 유리아미노산 측정

각 시료의 유리아미노산 추출은 생시료 10 g에 물 20 mL를 가하여 균질화한 다음 sulfosalicylic acid 1.5 g을 가하여 1시간 정도 단백질을 침전시킨 후 원심분리하였다. 상층액을 membrane filter로 여과하여 LiOH로 pH를 2.0으로 조정한 후 아미노산 자동분석기(Beckman system 6300, USA)로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### TBA가의 변화

돼지고기의 감마선 조사와 저장기간에 따른 TBA가의 변화를 살펴본 결과, 냉장저장 직전 비조사군이 0.085였으나 저장기간이 경과함에 따라 거의 직선적으로 증가하여 저장 8주 후에는 0.388을 나타내었다. 감마선 조사군의 경우에는 특히 2주 후부터 급격히 증가하여 냉장 4주째 1 kGy와 3 kGy군 모두 0.8 정도로 최대값을 나타내었고 그 후에는 다소 감소하였다(Fig. 1). 이에 관하여 Laleye 등<sup>(13)</sup>과 Gokalp 등<sup>(14)</sup>은 저장초기에는 지방산화에 의해 malonaldehyde가 다량으로 생성되나 일정시간 이후에는 반응성이 강한 malonaldehyde가 carbonyl compound, amino acid, urea 등과 반응하여 장기간 저장시 오히려 TBA가가 감소된다고 보고한 바 있다. 또한 본 실험의 결과는 박 등<sup>(15)</sup>의 돼지고기에 대한 저장기간에 따른 TBA가의 증가보고와 일치하며, 김과 유의<sup>(16)</sup>의 연구에서도 저장 초 신선한 돼지고

**Fig. 1. Changes in TBA values of nonirradiated and irradiated Porks during storage at 5°C.**

기의 TBA가는 0.02에서 냉장저장 4주 후 0.13이었고 하여 본 실험에서의 TBA가와는 차이가 있었으나 저장기간에 따른 증가경향은 뚜렷하였다. 한편, Ehioba 등<sup>(7)</sup>은 감마선 조사한 돼지고기가 비조사군에 비해 TBA가가 더 낮았다고 보고하였고, Mattison 등<sup>(8)</sup>도 감마선조사 돼지고기의 저장기간에 따른 TBA가에 대한 연구에서 저장기간의 경과로 TBA가는 현저히 증가되었으나 비조사군과 감마선조사군 사이의 차이는 없었다고 보고하여 본 실험과는 다소 상이한 결과를 나타내었다. 냉동저장 시험의 경우도 냉장저장과 비슷한 추세로 저장기간에 따라 증가하여 저장말기인 6개월 후 최대치를 나타내었고, 특히 3 kGy군의 경우 0.863으로 조사직후의 값과 비교한 결과 약 5배의 큰 증가를 나타내었다(Fig. 2). 이는 최와 안<sup>(17)</sup>의 연구결과와 일치하는 경향이었으며, 또한 돼지고기를 장기간 냉동저장시 저장 6개월까지 지속적인 TBA가의 증가를 보고한 Brewer 등<sup>(18)</sup>의 결과와도 일치하였다.

**산가의 변화**

감마선 조사와 저장기간에 따른 지질의 산가 변화는 Table 1과 같다. 감마선 조사직후 돼지고기의 초기 지질 산가는 비조사군과 조사군 모두 2.9~3.5 정도였으며, 냉장저장 2주째부터 비조사군과 1 kGy군은 증가하기 시작하여 냉장 8주째에는 최대치를 나타내었으나 3 kGy 조사군은 냉장 4주까지도 5.6으로 비조사군에 비하여 완만히 증가하였고, 냉장 8주에는 10.4를 나타내었다.

**Fig. 2. Changes in TBA values of nonirradiated and irradiated porks during storage at -20°C.**

냉동저장의 경우에도 비슷한 추세로 3 kGy 조사군은 저장 1개월에 3.9이었고, 저장 6개월째에는 5.0을 나타내어 냉동저장 중에도 지방의 산화는 계속적으로 일어남을 보여주었다. 한편 냉동저장시 비조사군과 감마선 조사군간의 산가의 차이는 거의 없었다. Lefebvre 등<sup>(19)</sup>은 감마선 처리가 유리지방산의 형성에 큰 영향을 미치지 않으며, 비조사 및 조사시료 모두 저장기간에 따라 증가한다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었으며, Urbain<sup>(20)</sup>도 유리지방산은 주로 triglyceride와 phospholipid의 가수분해에 의해 생성되며, 50 kGy의 조사선량으로도 여기에 관여하는 lipolytic enzyme을 불활성화시킬 수 없어, 저장기간에 따라 유리지방산 함량이 증가한다고 보고하였다.

**휘발성 염기태 질소의 변화**

감마선조사와 저장기간에 따른 VBN 함량변화는 초기에 18 Nmg%에서 20 Nmg%로 비조사군과 조사군

**Table 1. Changes in acid value of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C and -20°C<sup>1)</sup>**

Irradiation dose (kGy)	Storage period							
	5°C (weeks)				-20°C (months)			
	0	2	4	8	1	2	4	6
0	2.9	5.7	7.5	15.0	3.3	4.3	5.3	5.4
1	3.3	8.2	11.9	13.5	3.7	4.8	5.2	5.7
3	3.5	4.2	5.6	10.4	3.9	4.8	5.3	5.0

<sup>1)</sup>Each value represents the mean of duplicate determinations and expressed as titration mL of 0.1 N KOH.

**Fig. 3. Changes in VBN contents of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C.**

간의 차이는 없었고, 냉장 2주째부터 비조사군은 50 Nmg% 이상으로 높은 변패수치를 나타낸 반면, 1 kGy 조사군에서는 저장 2주까지도 큰 변화가 없었다. 3 kGy 조사군에서는 저장 4주째에도 30 Nmg% 이하를 나타내었으며, 저장 8주 후에도 비조사군과 1 kGy 조사군은 현저히 증가한 반면, 3 kGy 조사군은 소폭으로 증가하여 감마선 조사군이 비조사군에 비하여 VBN 증가폭이 낮아 단백질의 부패를 지연시키는 것으로 생각된다(Fig. 3).

냉동저장의 경우에는 모든 시험군에서 대체적으로 저장 6개월까지도 30 Nmg% 내외로 비교적 낮은 수치를 나타내었고, 감마선 조사군과 비조사군의 차이없

**Fig. 4. Changes in VBN contents of nonirradiated and irradiated porks during storage at -20°C.**

이 저장기간이 경과함에 따라 약간씩 증가하여 초기 VBN값 약 18 Nmg%에서 저장 6개월 후에는 24 Nmg%를 나타내었다(Fig. 4). 이와 같은 결과는 감마선 조사가 미생물 오염도를 감소시켜 단백질의 부패를 억제한다는 사실에 근거하며, Lefebvre 등<sup>(19)</sup>도 ammonia 및 amine류와 같은 휘발성 염기태 질소 화합물은 육류에 많이 오염되어 있는 *Pseudomonas* 등과 같은 gram-negative bacteria에 의해 urea와 아미노산이 분해됨으로써 형성된다고 하였다.

#### 지방산 및 유리아미노산 구성의 변화

돼지고기에 대해 총 12종의 구성지방산을 분석한

**Table 2. Changes in fatty acid composition of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C and -20°C<sup>1)</sup>**  
(unit: %)

Fatty acids	Storage period								
	0			8 weeks at 5°C			6 months at -20°C		
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	0 kGy	1 kGy	3 kGy	0 kGy	1 kGy	3 kGy
14:0	1.44	1.46	1.43	1.43	1.44	1.48	1.42	1.46	1.45
14:1	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06
16:0	23.17	23.39	23.25	23.02	23.24	22.98	22.57	22.27	22.34
16:1	3.06	3.02	2.98	3.18	3.15	3.14	3.20	3.40	3.53
17:0	0.34	0.34	0.36	0.36	0.34	0.35	0.37	0.35	0.36
18:0	10.82	10.93	10.86	10.95	10.81	10.78	10.90	10.73	10.21
18:1	43.69	43.75	43.57	44.32	44.31	44.45	44.65	44.91	45.01
18:2	13.92	13.56	13.85	13.33	13.23	13.37	13.57	13.55	13.74
18:3	0.85	0.78	0.92	0.86	0.83	0.82	0.81	0.84	0.85
20:1	1.17	1.23	1.22	1.28	1.31	1.24	1.01	1.05	1.04
20:4	1.29	1.24	1.26	1.03	1.07	1.09	1.18	1.16	1.19
22:0	0.19	0.23	0.24	0.19	0.22	0.24	0.26	0.21	0.22

<sup>1)</sup>Each value represents the mean of duplicate determinations.

**Table 3. Changes in free amino acid of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C and -20°C<sup>1)</sup>**

Amino acids	Storage period								
	0			8 weeks at 5°C			6 months at -20°C		
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	0 kGy	1 kGy	3 kGy	0 kGy	1 kGy	3 kGy
Asp	0.38	0.42	0.41	0.38	0.37	0.26	0.32	0.29	0.28
Thr	0.31	0.31	0.26	0.39	0.28	0.31	0.27	0.28	0.21
Ser	0.43	0.40	0.34	0.07	0.12	0.15	0.33	0.36	0.34
Asn	0.10	0.10	0.08	0.06	0.10	0.10	0.08	0.10	0.08
Glu	0.70	0.75	0.63	2.62	2.86	0.75	0.63	0.65	0.62
Gln	1.46	1.58	1.38	0.19	0.09	0.54	2.28	2.18	2.34
Pro	0.31	0.44	0.30	0.29	0.33	0.36	0.22	0.25	0.23
Gly	0.95	1.05	0.92	1.14	1.20	1.02	0.73	0.82	0.84
Ala	1.46	1.32	1.69	6.32	4.98	2.95	1.57	1.66	1.82
Val	0.32	0.33	0.30	1.73	2.22	0.68	0.29	0.27	0.27
Met	0.14	0.10	0.12	0.53	0.79	0.26	0.11	0.10	0.11
Ile	0.19	0.17	0.16	0.78	1.26	0.33	0.14	0.15	0.13
Lue	0.35	0.30	0.30	1.25	1.95	0.52	0.26	0.28	0.25
Tyr	0.17	0.15	0.14	0.05	0.03	0.15	0.14	0.15	0.14
Phe	0.17	0.16	0.15	0.71	0.97	0.31	0.14	0.18	0.13
Lys	0.26	0.28	0.23	0.66	0.67	0.36	0.24	0.23	0.21
His	0.20	0.20	0.26	0.26	0.31	0.32	0.19	0.22	0.20
Arg	0.26	0.20	0.20	0.03	0.02	0.04	0.19	0.20	0.17

<sup>1)</sup>Each value represents the mean of duplicate determinations and expressed  $\mu\text{M g}^{-1}$  (wet weight basis).

결과, 이들 중 대부분을 차지하고 있는 것은 oleic, palmitic, linoleic 및 stearic acid였다. 한편, 감마선 조사선량에 따른 구성 지방산 함량의 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으나, 저장기간에 따라 다소의 증감현상이 관찰되었다(Table 2). 즉, 냉장저장에서는 oleic acid (18:1)가 증가한 반면 arachidonic acid (20:4)가 감소하였으며, 냉동저장시에는 oleic acid의 증가 및 palmitic acid (16:0)의 감소 현상이 나타났다.

감마선 조사 및 저장기간이 유리아미노산 조성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 유리아미노산 함량의 경우 저장초기 가장 많이 검출된 것은 glutamine과 alanine이었고 다음이 glycine, glutamic acid 순으로 검출되었다(Table 3). 냉장저장기간에 따라 유리 아미노산 조성 중 총 8종이 증가하였고, 특히 비조사군과 1 kGy의 경우 glutamic acid, alanine, valine 등은 뚜렷한 증가를 나타낸 반면, 3 kGy 조사군은 비조사군과 1 kGy에 비해 그 증가폭이 완만하였다. 한편, serine, glutamine, tyrosine, arginine 등은 감소하는 경향이였다. 냉동저장의 경우, glutamine의 증가를 제외하고는 저장기간과 감마선 조사에 따른 영향은 거의 나타나지 않았다. 따라서, 지방산 조성 및 유리지방산 함량은 감마선 조사보다는 오히려 저장기간에 의해 많은 영향을 받음을 알 수 있었다.

## 요 약

돼지고기에 감마선을 조사한 후 저장기간 및 저장 온도에 따라 TBA가, 산가 및 휘발성 염기태 질소 등을 측정하여 다음의 결론을 얻었다. TBA는 냉장, 냉동 저장시료 모두 저장기간 및 감마선 조사선량의 증가에 따라 크게 증가하였다. 산가는 저장기간에 따라 증가하였으나, 조사선량의 증가에 따라서는 오히려 감소하였으며, 냉동저장은 냉장저장에 비해 변화가 적었다. VBN함량은 냉장저장시에 큰 변화를 나타내었고, 특히 냉장 저장 8주 후의 비조사 시료는 3 kGy 조사 시료에 비해 약 4배의 증가를 나타내었다. 한편, 지방산 조성 및 유리 아미노산 함량은 감마선 조사보다는 저장기간에 의해 큰 영향을 받았다.

## 감사의 글

본 연구는 1997년도 농림수산특정연구과제의 일부이며 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Winger, R.J. and Fennema, O.: Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing

- and subsequent storage at -3 or 150°C. *J. Food Sci.*, **41**, 1433-1439 (1976)
2. Roberts, D.: *Sources of infection*. Food, Cancell., p.336 (1990)
  3. Ebgel, R.E., Post, A.R. and Post, R.C.: Implementation of irradiation of pork for trichina control. *Food Technol.*, **42**(7), 71-75 (1988)
  4. Kampelmacher, E.H.: Prospects of eliminating pathogens by the process of food irradiation. In *Combination processes in food irradiation*, Proceedings of a Symposium Held in Columbo. November 1980, Vienna, IAEA, p. 265 (1981).
  5. Mattison, M.L., Kraft, A.A., Olson, D.G., Walker, M.W., Rust, R.E. and James, D.D.: Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora sensory characteristics and fat stability. *J. Food Sci.*, **51**, 284-287 (1986)
  6. Dickson, J.S. and Maxcy, R.B.: Irradiation of meat for the production of fermented sausage. *J. Food Sci.*, **50**, 1007-1009 (1985)
  7. Ehioba, R.M., Kraft, A.A., Molins, R.A., Walker, H.W., Olson, D.G., Subbaraman, G. and Skowronski, R.P.: Effect of low-dose (100 Krad) gamma radiation on the microflora of vacuum-packaged ground pork with and without added sodium phosphates. *J. Food Sci.*, **52**, 1477-1480 (1987)
  8. Pszczola, D.: Irradiated produce reaches midwest market. *Food Technol.*, **5**, 59-62 (1992)
  9. Salih, A.M., Smith, D.M., Price, J.F. and Dawson, L.E.: Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci.*, **66**, 1483-1496 (1987)
  10. 太田静行: 油脂食品の酸化とての防止. 辛書房, p.186 (1977)
  11. Bligh, E.F. and Dyer, W.J.: A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can., J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-916 (1959)
  12. Morrison, W.R. and Smith, L.M.: Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.*, **5**, 600-606 (1964)
  13. Laleye, C.L., Simard, R.E., Lee, B.H. and Holley, R.A.: Shelf-life vacuum of nitrogen packed pastrami, effects of packaging atmospheres temperature and duration of storage on microflora changes. *J. Food Sci.*, **49**, 827-833 (1984)
  14. Gokalp, H.T., Olerman, H.W., Plimton, R.F. and Harper, W.J.: Fatty acid of neutral and phospholipid, rancidity scores and TBA values as influenced by packing and storage. *J. Food Sci.*, **48**, 8229-8236 (1983)
  15. Park, G.B., Lee, H.G., Kim, J.S., Kim, Y.J., Park, T.S., Shin, T.S. and Lee, J.I.: Effect of sodium nitrite level and curing temperatures on preservation and production of antihygenic chemicals (in Korean). *Korean J. Anim Sci.*, **36**(3), 330-339 (1994)
  16. Kim, Y.S. and Yoo, I.J.: Effects of sanitary treatment of port cut surface on shelf-life of chilled pork (in Korean). *Korean, J. Anim, Sci.*, **36**(4), 403-408 (1994)
  17. Choi, Y.I. and An, K.Y.: Effects of phosphate type and additional level on binding ability, microstructure and storage characteristics of restructured pork jerky (in Korean). *Korean J. Anim Sci.*, **38**(2), 159-170 (1996)
  18. Brewer, M.S., Ikins, W.G. and Harberts, C.A.Z.: TBA values sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage. *J. Food Sci.*, **57**, 558-563 (1992)
  19. 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.*, **32**, 371-383 (1994)
  20. Urbain, W.M.: *Radiation Chemistry of Proteins*. In Elias, P.S. and Cohen, A.J. eds., *Radiation Chemistry of Major Food Components*, Amsterdam, Elsevier, p.63 (1977)

---

(1998년 8월 19일 접수)