

방사선 조사된 재구성 돈육포의 단백질 품질

오종숙¹ · 한인준^{1,2} · 이주운² · 전순실¹ · 김윤희³ · 류홍수^{3†}

¹순천대학교 식품영양학과, ²한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀,
³부경대학교 식품생명공학부 영양학 전공

Nutritional Quality of Restructured Pork Jerky with Electron Beam and Gamma Ray Irradiation

Jong-Suk Oh¹, In-Jun Han^{1,2}, Ju-Woon Lee², Soon-Sil Chun¹, Yoon-Hee Kim³ and Hong-Soo Ryu^{3†}

¹Dept. of Food and Nutrition, Sunchon National University, Jeonnam 540-742, Korea

²Team for Radiation Food Sci. and Biotech., Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

³Faculty of Food Sci. and Biotech., Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

To evaluate the effect of irradiation on restructured pork jerky containing paprika and Japanese apricot extracts, the quality of protein was determined *in vitro* based on the formation of trypsin indigestible substrate inhibitor (TIS) and the computed protein efficiency ratio (C-PER) as determined based on the protein digestibility and amino acid analysis. In addition, we compared the effects of electron beam irradiation to those of gamma irradiation. Approximately 3 % of the moisture content of pork jerky was reduced in response to irradiation with 3 kGy administered using an electron beam however, no additional reduction was observed in samples that were subjected to higher doses of irradiation. In addition, there were no notable differences in the crude protein and fat content of pork jerky samples that were subjected to irradiation, regardless of dose. Furthermore, the total amino acids profiles did not change in response to electron beam irradiation. However, the *in vitro* protein digestibility increased by 7% in response to 3 kGy of electron beam irradiation and 5 kGy of gamma irradiation, but no significant changes in digestibility were not observed in response to treatment with higher doses. TIS quantified as trypsin inhibitors were formed in response to irradiation using the electron beam (3 kGy) and gamma rays (5 kGy), although there was a slight reduction in the production of TIS inhibitors in samples irradiated with higher doses. Moreover, only samples irradiated with 10 kGy (electron beam and gamma ray) showed higher TBA values than those of the control samples. Finally, the C-PERs (2.50~2.60) were greater in all of the irradiated pork jerky samples than in the control samples (2.22). Taken together, these results suggest that electron beam irradiation and the incorporation of extracts (paprika and Japanese apricot) may be useful methods of improving the nutritional quality of pork jerky.

Key words : Electron beam, gamma ray, restructured pork jerky, protein quality.

서 론

방사선 조사는 미생물의 제어 및 가공 적성 개선에 있어 WHO(World Health Organization), IAEA(International Atomic Energy Agency), FAO(Food and Agriculture Organization) 등의 국제 기구에서 이미 50여년간의 연구를 통해 그 효용성과 안전성이 인정된 비열처리 살균 및 가공 기술이다 (변명우 1997). 방사선 중 ^{60}CO , ^{137}Cs 와 같은 방사선 동위 원소를 이용한 감마선은 미생물의 생장 제어와 식품 가공 적성 개선에 널리 쓰이고 있으나, 조사 후 식품에 남아 있을지 모

르는 잔존물에 대한 잘못된 소비자의 인식(Cleland MR 1983) 때문에 특수 식품을 제외한 일반 식품에 적용하기 매우 힘든 것이 국내의 현실이다. 이에 비해 전자선은 투과력이 약해 식품 성분 변화를 최소화하고 설비 비용이 감마선 조사시설 보다 저렴할 뿐만 아니라 방사선 동위 원소를 사용하지 않으므로 소비자의 거부감을 최소화 할 수 있다(Killam *et al* 1966, Morganstern KH 1977). 이러한 감마선 및 전자선을 식육 제품에 적용할 경우 미생물 제어(Byun & Lee 2003)가 가능하며, 더불어 연도 개선(Yook *et al* 1999), 선홍색 발색(Lee *et al* 1999)과 같은 가공 적성의 개선이 가능하다고 알려져 있다(Min & Lee 1999).

한편, 육포는 저장 기간이 길며 지방 함량이 낮고 단백질

* Corresponding author : Hong-Soo Ryu, Tel : +82-51-629-5843, Fax: +82-51-628-6670, E-mail : hsryu@pknu.ac.kr

함량이 높아 간식 또는 술안주에서 특수 식품까지 폭넓게 섭취 및 이용되고 있는 식품이며(Park & Lee 2005), 특히 근래에는 생산 단가를 낮추기 위해 돼지고기의 비선호 부위를 분쇄 후 재구성하여 제조한 재구성 육포까지 생산되고 있다 (Choi & An 1996). 이러한 재구성 돈육포에 방사선을 적용한 연구는 거의 없는 실정이다. 또한, 재구성 돈육포에 대한 연구는 감마선 조사에 의한 재구성 돈육포의 이화학적 특성 (Oh et al 2008), 유화물 첨가(Choi et al 1996) 및 인산염의 종류와 첨가수준(Choi & An 1996)에 의한 결착성, 미세조직 및 저장성에 미치는 영향 등으로 미비하다. 하지만 재구성 육포와 제조 방식이 유사한 분쇄 우육 스테이크에 대한 국외의 연구(Penfield 1992, Farouk et al 2005, Raharjo et al 1995) 등이 있으나, 전자선을 응용한 연구는 아직까지 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전보(Oh et al 2007, Oh et al 2008)에 이어 단백질 함량이 50% 이상 되는 파프리카 및 매실 추출액 첨가 재구성 돈육포에 감마선 및 전자선을 조사하여 이로 인한 단백질 품질 변화에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재구성 돈육포의 제조

파프리카와 매실액 추출액이 첨가된 돈육포는 Choi & An (1996)의 제조 방법(Fig. 1)에 따라 도축 후 1주가 경과된 국내산 냉동 돈육의 후지(*M. semitendinosus*) 부위를 4°C 냉장실에서 내부 온도가 -1~ -2°C가 될 때까지 해동시킨 후 고기의 근섬유 방향으로 0.5 cm 두께로 저미어 과도한 지방과 결체 조직을 제거하였다. 해동 후 지방을 제거한 돈육을 3.0 cm × 3.0 cm 크기로 잘라 잘 쟁은 후 -20°C에서 2시간 동안 냉동시킨 뒤 분쇄하였다. 분쇄육 2 kg에 2 L의 빙수, NaCl 60 g 및 인산염(sodiumtripolyphosphate) 4 g을 섞어 bowl cutter(MSK 760-II, MADO Co., Koeln, Germany)에서 2분간 유화 혼합 후, 유화물을 첨가하여 4°C에서 10분간 meat mixer (RM-90, MANICA Co., Avila, Spain)에서 혼합시켰다. 여기에 300 g의 육포 향신료(griffith seasoning)와 전보(Oh et al 2007)에서와 같이 구입한 파프리카 추출액(KBF-701, Korea Bio Food, Korea)과 제조한 매실 추출액을 분쇄육에 대하여 각각 0.5(w/w) 및 3.5%(w/w)를 첨가하여 10분간 재혼합시켜 충진기(OSCA 20, FREY, Hamburg, Germany)로 fibrous casing(직경 10 cm)에 충전하였다. 이 후 -20°C에서 4시간 동안 냉동시켜 -4°C에서 1시간동안 tempering하고 fibrous casing 을 제거 후 0.5 cm로 절단하여 60°C의 smokehouse(NU-VUES-3 cooker, Menominee, USA)에서 6시간 동안 건조하였다. 제조된 시료는 150 g 단위로 알루미늄과 PE가 격층(laminated)된 멸균 복합 필름 포장지에 담은 후 전자선 및 감마선 조사를 하였다.

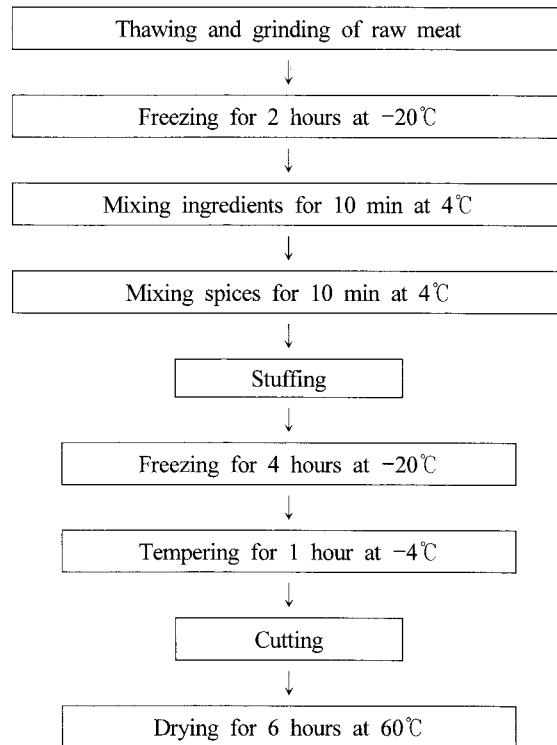


Fig. 1. Procedure of restructured pork jerk with the extracts of paprika and Japanese apricot.

2. 전자선 및 감마선 조사

전자선 조사는 ELV4-electron accelerator(Energy 2.5 MeV, Beam power 40 kW)를 이용하였으며, 에너지는 2.5 MeV, beam current는 각각 1.9, 3.2, 4.5 및 6.4 mA이었다. 흡수량이 3, 5, 7, 10 kGy가 되도록 조사하였다. 감마선 조사는 선원 490 kCi, Co-60 감마선 조사 시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Ottawa, Canada)을 이용하여 실온(20±1 °C)에서 분당 70 Gy의 선량으로 흡수 선량은 전자선과 동일하도록 조사하였다. 전자선과 감마선 조사된 시료의 흡수 선량 확인은 dosimeter(Ceric Cerous Dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수 선량의 오차를 계산하였다.

3. 일반 성분과 지방 산패도

수분, 조단백질(N×6.25) 및 조지방은 AOAC 표준 방법(AOAC 1995)에 따라 정량하였다. 지방산 패도는 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)법으로 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 50 μL의 BHA(butyl hydroxy anisole, 7.2% in ethanol)와 멸균 증류수 15 mL를 넣은 후 homogenizer(DIAx 900, Heidolph Co., Schwabach, Germany)로 균질화 시켰다. 균질물 1 mL에 TBA(2-thiobarbituric acid)/TCA (trichloroacetic acid) 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL를 넣은 후

끓는 물에서 15분간 가열하였다. 냉각 후 원심분리기(UNION 5KR, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)를 이용하여 원심분리(2,000 rpm, 15 min) 후, 상층액 1 mL를 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정한 후 검량선을 이용하여 malondialdehyde의 농도를 구하였다. 이 때 얻어진 결과는 μg malondialdehyde/g sample(wet basis)로 표시하였다.

4. 아미노산 분석 및 단백질 품질 평가

구성아미노산은 6N HCl을 이용한 산가수분해법으로 시료를 처리하여 아미노산 자동 분석기(Biochrom 20, Pharmacia biotech.)로 분석하였으며, cysteine은 Felker & Waines(1987)의 방법에 따라, tryptophan은 Spies & Chamber(1948)의 방법으로 실험하였다.

Trypsin 비소화성 물질(TIS)의 정량은 Rhinehart 법(Felker & Waines 1975)을 개량한 Ryu & Lee(1985)의 방법으로 측정하였다. *In vitro* 단백질소화율은 Satterlee *et al*(1979)과 AOAC의 방법(AOAC 1982)을 수정한 Ryu *et al*(1998)의 방법으로 실험, 계산하였으며, C-PER(computed protein efficiency ratio)과 DC-PER(discriminant computed protein efficiency ratio)은 AOAC의 방법(AOAC 1982)에 따라 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 일반 성분

파프리카와 매실 추출액을 첨가하여 재구성한 돈육포에 전자선과 감마선을 조사하지 않았을 때에는 수분 함량이 25% 정도로 시판 중인 돈육포(22.25%)나 다른 연구자들이(Oh *et al* 2008, Han *et al* 2007) 보고한 결과(19~22%) 보다 높았다(Table 1). 이는 다른 연구자들과 달리 돼지고기를 재구성하지 않고 0.5 cm로 얇게 썰어 건조하였으므로, 같은 건조 조건(60°C , 6 hrs)이라도 수분 건조량이 다르기 때문으로 사료된다. 그러나 전자선을 조사하면 7 kGy가 될 때까지 계속 줄어들어 20% 수준까지 떨어졌으나, 10 kGy가 되면 오히려 높아지고 있었다. 이러한 경향은 감마선 조사의 경우에도 비슷했지만 전자선보다는 수분 함량이 다소 높게 나타났다. 일반적으로 감마선 조사된 돈육포의 단백질 함량은 조사량에 따른 차이가 없이 50% 전후이었고, 건물 중량 기준으로도 65~67%로서 기존의 결과들과 유사하였다. 또한, 전자선 조사의 경우에는 3 kGy 또는 5 kGy일 경우에는 감마선 조사 시료와 비슷한 수준이었으며, 7 kGy와 10 kGy 조사 시료는 55~58%(69~74% 건물 중량 기준)로 나타났다. 감마선과 전자선 조사에 따른 지방 함량은 조사선량이나 종류에 따른 차이는 보이지 않았고 다른 연구들의 결과보다는 2~3% 정도 낮았다. 이는 제조 과정 중의 지방 제거 정도의 차이와 추출액 첨

Table 1. Proximate composition of irradiated pork jerky with electron beam and gamma ray (%)

Sample	Moisture	Crude protein	Crude fat
P-0K	25.28±0.19	50.67±0.56 (67.81) ¹	4.61±0.41
PE-3K	22.03±0.28	50.88±0.50 (65.26)	5.24±0.23
PE-5K	21.83±0.10	52.19±0.94 (66.69)	6.78±0.19
PE-7K	20.03±0.13	55.75±1.69 (69.06)	4.29±0.10
PE-10K	22.28±0.47	57.69±2.56 (73.69)	3.81±0.12
PG-3K	22.82±0.48	49.13±0.19 (64.19)	3.82±0.25
PG-5K	22.07±0.50	50.69±1.94 (66.69)	4.37±0.30
PG-7K	23.54±0.39	50.81±2.50 (67.44)	5.54±0.23
PG-10K	24.12±0.16	49.44±0.56 (64.44)	4.04±0.10

¹ Unit: kGy.

2 g/100 g solid.

P-0K: non gamma ray and electron beam irradiated pork jerky.

PE: electron beam irradiated pork jerky.

PG: gamma irradiated pork jerky.

가에 따른 상대적 감소 현상 때문이라고 여겨진다.

2. 구성아미노산 조성

건물 중량 기준으로 65% 이상의 높은 단백질 함량을 보이는 구성아미노산 조성을 Table 2에 나타내었다. 모든 시료들의 필수아미노산 조성은 쇠고기 단백질(Damodaran S 1996) 보다 뒤떨어지지 않았으며, 성장기 어린이에게 특히 필요한 lysine과 histidine의 함량은 다소 높았다. 조사에 따른 개별 필수아미노산 함량 저하는 leucine에서 발견되었으나, 다른 필수아미노산에서는 나타나지 않았다. 하지만 황합유아미노산인 methionine과 cysteine에서는 심각하여 30% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 이는 radiolysis에 의한 S-S bond의 파괴로 이러한 아미노산 함량이 심하게 줄어든 것으로 사료되었다(Motohashi *et al* 1981).

3. 단백질 소화율과 단백효소비소화성 물질

조사하지 않은 돈육포의 소화율은 78%에 못 미치는 수준이었지만 조사량이 커질수록 계속 상승하여 전자선일 경우

Table 2. Total amino acid profiles of irradiated pork¹ jerky with electron beam and gamma ray

(g amino acid/16 g N)

Amino acid	Sample								
	P-0K	PE-3K	PE-5K	PE-7K	PE-10K	PG-3K	PG-5K	PG-7K	PG-10K
Asp	9.79	9.49	9.77	9.78	9.57	10.42	10.24	10.51	10.09
Thr	4.38	4.42	4.16	4.11	4.05	4.78	4.89	5.02	4.81
Ser	3.59	3.56	3.51	3.57	3.29	3.79	3.59	3.78	3.64
Glu	15.63	16.02	15.26	15.65	15.42	15.49	15.28	15.52	15.28
Pro	3.81	4.25	3.83	4.77	4.22	3.26	3.99	3.81	4.06
Gly	3.95	4.15	3.74	5.74	4.37	4.64	4.34	4.25	5.14
Ala	5.29	5.21	4.98	5.60	4.94	5.96	5.35	5.53	5.56
Val	5.16	6.69	5.80	5.46	5.27	5.41	5.78	5.86	5.58
Ile	4.46	4.66	4.23	4.29	4.15	4.03	4.45	4.69	4.30
Leu	8.03	7.80	7.99	7.19	6.99	7.49	8.07	8.38	7.81
Tyr	3.55	3.30	3.26	3.25	3.10	2.89	2.98	3.29	3.01
Phe	3.89	3.62	3.37	3.66	3.42	3.70	3.73	3.96	3.88
His	3.66	3.79	3.66	3.50	3.28	3.79	3.93	4.19	3.94
Lys	8.95	11.00	9.50	9.90	8.98	8.11	8.97	8.92	8.84
Arg	5.33	6.02	5.30	5.15	5.10	7.37	6.21	6.93	6.77
Met	2.82	2.72	2.84	2.71	2.68	2.54	2.20	2.18	2.05
Cys	1.60	1.17	1.07	1.19	1.02	1.15	1.16	1.02	1.09
Trp	1.77	1.38	1.69	1.55	1.67	1.28	1.39	1.14	1.44
Amm	2.84	2.62	2.90	2.68	3.10	2.60	2.60	2.70	2.61
Total	98.50	101.87	96.86	99.73	94.62	98.71	99.14	101.68	99.92

¹ Same samples as presented in Table 1.

에는 87% 수준(7 kGy)에 이르고, 그 이상에서는 약간 떨어졌다(Fig. 2). 감마선의 경우 5 kGy까지는 서서히 높아졌다가 그 이상에서는 변화가 미미하였다. 하지만 전자선에 비해 소화율 상승 효과는 크지 않아 최고 82% 수준에 머물렀다. 전자선의 경우에는 돈육 단백질의 mild denaturation^o 7 kGy까지는 일어나지만 감마선은 조사 효과가 심하여 5 kGy 수준에서도 소화되기 좋은 구조가 극대화되기는 하지만 전자선의 보다 바람직한 구조가 되질 못하는 것으로 생각된다. 돈육이나 그 가공품의 단백질 소화율(*in vitro*)에 대한 보고는 찾아보기 힘드나 돈육으로 제조한 유사 소시지(sausage analogue)의 소화율은 80% 정도이고, 저지방 쇠고기(lean beef)는 85%라고 알려져 있다(Jewell *et al* 1980). 이런 결과들을 비추어 볼 때 재구성 돈육포를 전자선 조사를 하면 저지방 쇠고기 소화율을 능가하는 결과를 나타냈다. 따라서 전자선 조

사를 하였을 때 3 kGy까지는 단백효소 비소화성 물질이 늘어나기는 하지만 단백질 소화율이 높아지는 것을 억제하기에는 부족한 선량이었고, 그 이상의 조사량에서는 생겼던 물질이 조금씩 분해 감소되는 경향을 보였다. 이러한 경향은 감마선 조사 돈육포와 유사하였으며, 단백질 소화율 변화 현상과 비슷하였다. 단백질 식품을 가열하거나 방사선 조사 등 구조에 영향을 미치는 요인들이 작용하게 되면 어느 정도까지는 소화가 잘 되는 구조로 느슨하게 되는 동시에 단백질을 구성하는 아미노산과 공존하는 다른 물질과의 상호 작용으로 비소화성 물질이 발생하는 것으로 알려져 있다(Haque *et al* 1982, Roubal & Tappel 1966, Pokorny *et al* 1974). 대부분의 비소화성 물질은 산화지질과 단백질의 상호 작용의 결과로 만들어진다고 알려져 있는데, Fig. 3과 같이 TBA value가 3 kGy 수준 이상에서는 크게 증가하지 않음을 보아 첨가된

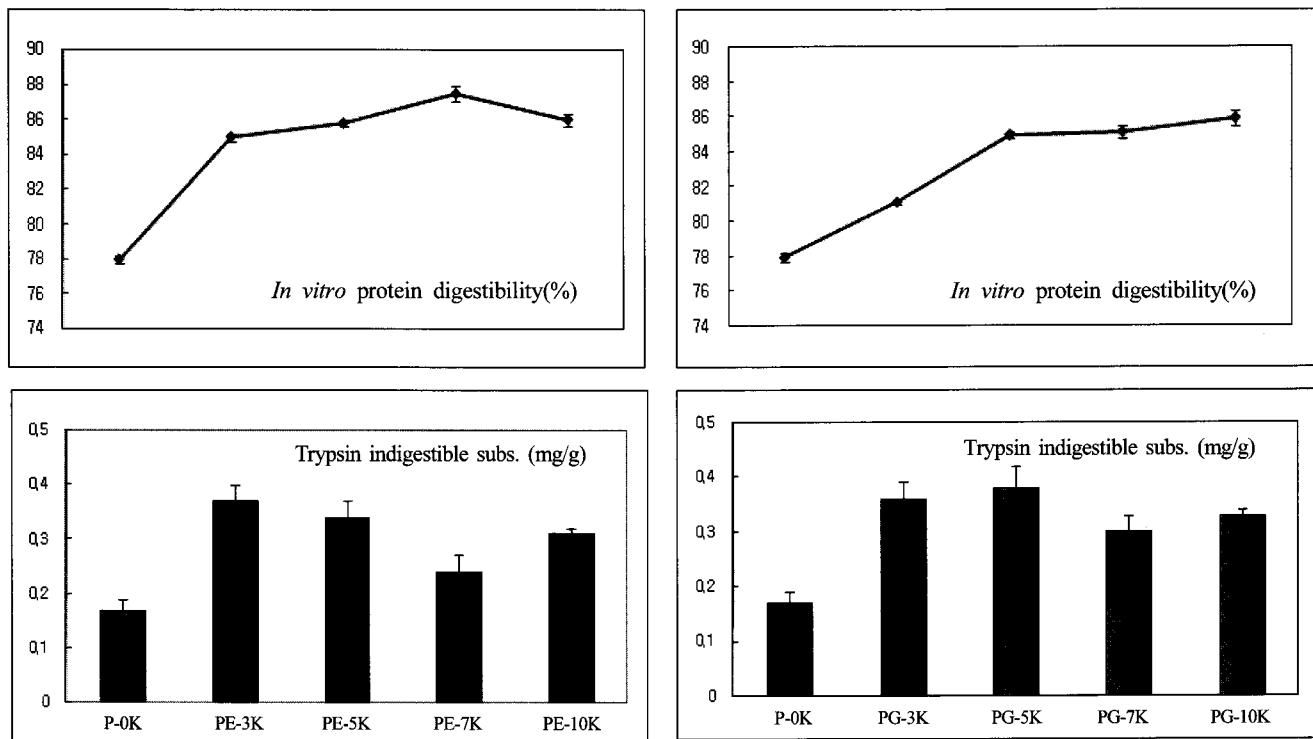


Fig. 2. Protein digestibility and trypsin inhibitor content of pork jerky¹ irradiated electron beam and gamma ray.
¹ Same samples as presented in Table 1.

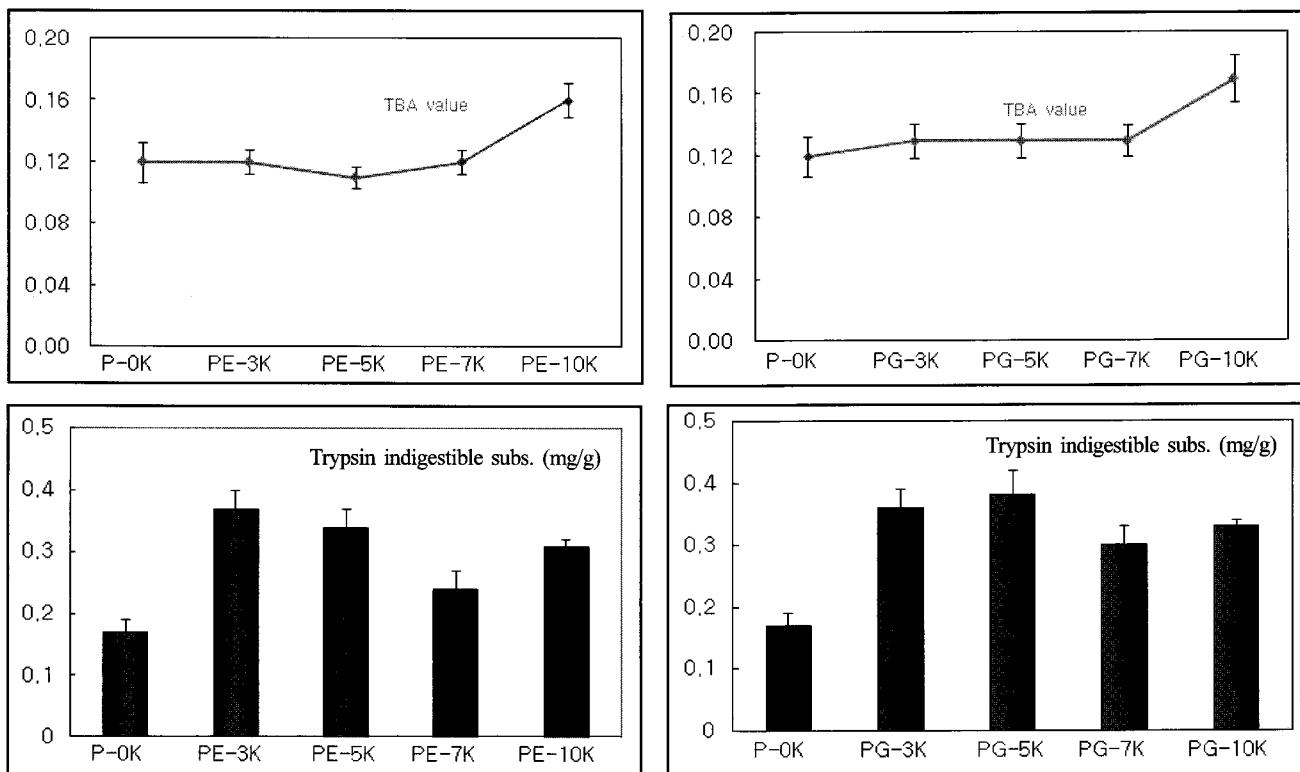


Fig. 3. TBA value and trypsin inhibitor content of pork jerky¹ irradiated electron beam and gamma ray.
¹ Same samples as presented in Table 1.

파프리카나 매실 추출액에 의하여 지질 산화가 자연되고, 이에 따라 비소화성 물질 생성도 늦어지거나 감소하는 것으로 여겨진다. 그러나 가장 높은 감마선 조사 시료(10 kGy)의 경우에는 비소화성 물질은 줄어들고 소화율과 TBA value는 높아지는 것으로 나타났다.

4. 단백질 품질

단백질 소화율(*in vitro*)과 C-PER 및 DC-PER로 측정한 돈육포 단백질 품질을 Table 3에 나타내었다. 단백질 소화율과 필수아미노산 조성으로 계산한 C-PER에서는 비조사 시료가 표준단백질인 ANRC casein(2.50)보다 낮았지만 전자선 조사를 하면 비슷하거나 약간 상회(2.60)하는 결과를 보였다. 감마선도 3 kGy 조사 시료를 제외하고는 전부 2.60으로 저지방 쇠고기육이나 돈육소시지(Jewell *et al* 1980)보다(2.40) 우수한 단백효율비를 나타내어 전자선이나 감마선 조사가 돈육포 단백질 품질을 향상시키는 효과를 확인할 수 있었다. 한편, 아미노산 조성으로만 계산된 DC-PER 결과는 시료간의 차이가 전혀 없어 돈육포 단백질 품질 평가에는 부적합한 방법으로 판명되었다.

요약 및 결론

파프리카와 매실 추출물을 첨가한 재구성 돈육포의 전자선과 감마선 조사에 따른 영향을 비교·파악하기 위해 *in vitro* 단백질 소화율과 단백질 활성 저해 물질 및 아미노산 분석을 실시하였다. 수분 함량 측정 결과 3 kGy까지 전자선

조사된 재구성 돈육포는 약 3% 정도 감소하였으나, 그 이상의 조사 선량에서는 감소하지 않았다. 조지방 및 조단백질의 함량은 조사 선량에 따른 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 총 아미노산은 비조사군과 전자선 조사군 모두에서 차이를 나타내지 않았다. 전자선 3 kGy와 감마선 5 kGy까지 조사한 경우 단백질 소화율은 7% 정도 증가하였으나, 그 이상의 조사 선량에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. TIS는 전자선 3 kGy, 감마선 5 kGy로 조사시 다소 높게 나타났으나, 그 이상의 조사 선량에서는 다소 감소하였다. 전자선 및 감마선으로 10 kGy 조사한 경우 비조사군과 그 이하의 조사군보다 높은 TBA값을 보였다. 재구성 돈육포의 단백질 품질 측정 결과 비조사군(2.22)보다 전자선 및 감마선 조사군의 C-PERs(2.50~2.60)가 보다 높게 나타났다. 따라서 전자선 조사와 파프리카 및 매실 추출물의 병행으로 재구성 돈육포의 단백질 품질을 개선시켜 최대 7 kGy 선량까지는 제품의 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 2004년 한국과학재단에서 시행한 원자력연구 기반학총사업 대형연구시설 공동이용 활성화분야(세부과제 “돈육 육포의 품질개선 및 저장 안전성 향상을 위한 전자빔 이용기술 개발”)에 의해 수행되었습니다.

문 현

- 변명우 (1997) 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망. *식품과학과 산업* 30: 89-100.
- AOAC (1982) Calculated protein efficiency ratio(C-PER and DC-PER), official first action. *J AOAC* 65: 496.
- AOAC (1995) *Official Methods of Analysis* 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington D.C. USA.
- Byun MW, Lee JW (2003) Application of irradiation technology for food safety and security. *Food Science and Industry* 36: 25-41.
- Choi YI, An KY (1996) Effects of phosphated type and addition level on binding ability, microstructure and storage characteristics of restructured pork jerky. *Korean Soc Anim Sci Technol* 38: 159-170.
- Choi YI, An YS, Hong SK (1993) Effect of emulsion addition on binding ability and storage characteristic of restructured pork jerky. *Korean J Anim Sci* 35: 223-229.
- Cleland MR (1983) Radiation processing: basic concepts and practical aspects. *Industr Irrad Technol* 1: 191-218.
- Damodaran S (1996) Amino acids, peptides, and proteins. in

¹ Same samples as presented in Table 1.

² Computed protein efficiency ratio.

³ Discriminant computed protein efficiency ratio.

- "Food Chemistry" 3rd ed., edited by Fennema OR, Marcel Dekker, Inc., New York, p 397.
- Farouk MM, Zhang SX, Cummings T (2005) Effect of muscle-fiber/fiber alignment on physical and sensory properties of restructured beef steak. *J Muscle Food* 16: 256-273.
- Felker DJ, Waines WB (1987) Colorimetric screening assay for cystine and cysteine in legume and seed meals. *Analytical Biochem* 87: 641-647.
- Han DJ, Jeong JY, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Lee MA, Lee ES, Paik HD, Kim CJ (2007) Effects of drying condition on quality properties of pork jerky. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 29-34.
- Haque Z, Matoba T, Kito M (1982) Incorporation of fatty acid into food protein : Palmitoyl soybean glycinin. *J Agr Food Chem* 30: 481-486.
- Jewell DK, Kendrick JG, Satterlee LD (1980) The DC-PER assay: A method for predicting protein quality solely from amino acid composition data. *Nutr Reports Int* 21: 25-30.
- Killam ER, Ketchum HW, Deitch J, Osburn JW (1966) Economics of food irradiation. In food irradiation: proceeding of the international symposium. FAO and IAEA eds, IAEA, Vienna, p. 843.
- Lee JW, Lee KH, Yook HS, Lee HJ, Byun MW (1999) Sanitizing and extending of shelf life of chicken meat by gamma irradiation. *J Fd Syg Safety* 14: 160-166.
- Min JS, Lee M (1999) Changes in physicochemical characteristics during the storage of the chilled pork loins treated with electron-beam irradiation. *Kor J Anim Sci* 41: 45-50.
- Morganstern KH (1977) Economics of electron accelerators in the preservation of food by irradiation. in food preservation by irradiation vol II. IAEA, FAO and WHO, IAEA, Vienna, p 267.
- Motohashi N, Mori I, Sugiura Y, Tanaka H (1981) Modification of gamma irradiation induced change in myoglobin by ercaptopropionylglycine and its related compounds and the formation of sulfmyoglobin. *Radiation Research* 86: 479-487.
- Oh JS, Han IJ, Park JG, Park JN, Song BS, Kim JH, Byun MW, Chun SS, Lee JW (2008) Effect of gamma irradiation on physicochemical and sensory properties of restructured pork jerky. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 362-366.
- Oh JS, Park JN, Kim JH, Lee JW, Byun MW, Chun SS (2007) Quality characteristics of pork jerky added with *Capsicum annuum* L. and *Prunus mume* Sieb. et Zucc. extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 81-86.
- Park JH, Lee KH (2005) Quality characteristics of beef jerky made with beef meat of various places of origin. *Korean J Food Cookery Sci* 2: 528-535.
- Penfield MP, Swanson RB, Mitchell DS, Riemann MJ, Dorko CL (1992) Restructured reindeer steaks: Effects of flake size, phosphate, and salt on sensory properties. *J Food Sci* 57: 252-253.
- Pokorny J, El-Zeamy BA, Janicek G (1974) Browning reactions of oxidized fish lipid with protein. *Congress Food Sci. Tech.* 1: 217-221.
- Raharjo S, Dexter DR, Worfel RC, Sofos JN, Solomon MB, Shults GW, Schmidt GR (1995) Quality characteristics of restructured beef steaks manufactured by various techniques. *J Food Sci* 60: 68-71.
- Rhinehart D (1975) A nutritional characterization of the distiller's grain protein concentrates. MS thesis of Univ. of Nebraska Lincoln, p 29.
- Roubal WT, Tappel AL (1966) Damage to proteins, enzyme and amino acids by peroxidizing lipids. *Arch Biochem Biophys* 113: 5-8.
- Ryu HS, Hwang EY, Lee JY, Cho HK (1998) A new regression equation of pH drop procedure for measuring protein digestibility. *J Food Sci Nutr* 11: 140-145.
- Ryu HS, Lee KH (1985) Effect of heat treatment on the *in vitro* protein digestibility and trypsin indigestible substrate content in some seafoods. *J Korean Soc Food Nutr* 14: 1-12.
- Satterlee LD, Kendrick JG, Miller GA (1979) Rapid *in vitro* assays for estimating protein quality. *Food Tech* 31: 78-81.
- Spies JR, Chamber DC (1948) Chemical determination of tryptophan study of color forming reaction of tryptophan p-dimethylamino benzaldehyde and sodium nitrate in sulfutic acid solution. *Anal Chem* 20: 30-33.
- Yook HS, Lee JW, Lee HJ, Kim JG, Kim KP, Byun MW (1999) Effect of gamma irradiation on the protein solubility purge loss and shear force of beef. *Korean J Food Sci Technol* 31: 665-671.

(2008년 10월 28일 접수, 2008년 12월 4일 채택)