Journal of Radiation Industry 5 (4) : 383~391 (2011)

감마선 조사가 파프리카와 매실 추출물로 제조된 돈육포의 품질특성에 미치는 영향

박 경 숙*

장안대학교 식품영양학과

Effect of Gamma-irradiation on the Quality Properties of Pork Jerky Prepared with Paprika and Japanese Apricot Extracts

Kyung-Sook Park*

Department of Food and Nutrition, Jangan University, Hwasung 445-756, Korea

Abstract − This study was conducted to investigate the applicability of gamma irradiation for improving the quality of paprika and Japanese apricot extract-treated nitrite free pork jerky. Pork jerky was gamma-irradiated at 0, 3, 5, 7 and 10 kGy and physiochemical properties such as proximate composition, 2-thiobarbituric acid (TBARS) values, color stability, texture, and sensory property were then evaluated. The results showed that the treatment of paprika and Japanese apricot extract to the pork jerky increased Hunter color value and texture property and at the same time decreased TBARS values. When gamma irradiated, natural pigment extract-treated pork jerky did not produce any change in its proximate composition (moisture, crude protein, crude lipid contents), and TBARS values. However, the redness (a-value) of pork jerky increased as the irradiation dose increased, whereas shear force of pork jerky was decreased. Sensory result showed that gamma irradiation induced to decrease the sensory scores. Therefore, these results suggest that gamma irradiation and the addition of paprika and Japanese apricot extracts could be an effective mean to improve color and texture of restructured pork jerky without use of nitrite.

Key words : Gamma irradiation, Pork jerky, Paprika and Japanese apricot extracts, Quality property, Physiochemical properties

서 론

육류의 가공기술은 생고기를 썩히지 않고 장기간 식용할 수 있는 방법을 개발하기 위해 발달되어 왔는데, 특히 포(脯)는 육제품으로 고기를 얇게 저미거나 또는 다져서 양념을 하여 건조한 것으로 풍부한 단백질함량에 비해 지방함량이 적으며 상온에서 저장이 가능한 식품이다(Ryu *et al.* 1998; Park and Lee 2005). 그러나, 육포와 같은 육가공품은 저장기간이 경과함에 따라 산화 또는 부패가 진행되기 때문에 이를 위해 다수의 식품보존제를 사용하고 있는 추세이다(Yang and Lee 2002). 특히, 아질산염(nitrite)은 육색소를 고정시켜 신선한 선홍색을 내며, 산화를 억제시키고, *Clostridium botulinum* 등 혐기성 세균의 성장을 억제하기 때문에 육포 뿐 아니라 대부분의 육가공품 제조 시 가장 중요한 염지제의 하나로 널리 이용되고 있다(Giddings 1977; Sanz *et al.* 1998). 그러나 아질산염은 amine 및 amino acid와 결합하여 발암

* Corresponding author: Kyung-Sook Park, Tel. +82-31-299-3066, Fax. +82-31-299-3609, E-mail. pksook0730@jangan.ac.kr

물질로 알려진 N-nitrosamine을 생성하기 때문에 그 사용이 점차 제한되고 있어 이를 대체하기 위한 방법의 개발이 필요한 실정이다 (Fiddler *et al.* 1972). 이렇듯 아질산염의 과다섭취에 대한 부작용과 위험성은 오래 전부터 인지되어 왔지만 아질산염이 가지는 다양한 기능을 대체할 수 있는 물질이 발견되지 않음에 따라 아질산염의 사용량과 잔존량이 철저히 규제되고 있으며, 이를 대체할 물질을 찾기 위한 많은 연구들이 현재 진행되고 있는 추세이다 (Choi *et al.* 2003; Kim *et al.* 2009; Yun *et al.* 2010).

파프리카 (*Capsicum annuum* L.)는 붉은 색소성분인 carotenoids가 함유되어 있어 예로부터 식품의 천연색소로 이용되어 왔으며 (Fisher and Kocis 1987; Biacs 1993), 매실 (Japanese apricot)은 유기산이 다량 함유되어 육제품의 풍미를 증진시키고, 육제품의 산화를 억제시킬 수 있는 rutin 및 naringenin과 같은 항산화제가 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있어 육가공 제품에 첨가 시 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되는 천연원료이다 (Han *et al.* 2001; Ha *et al.* 2005).

식품의 방사선 조사기술은 투과력이 강하여 제품을 포장한 상태로 연속 처리할 수 있어 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지할 수 있으며, 성분의 파괴를 최소화하고 냉장, 냉동상태에서도 살균이 가능한 특징이 있어 식품의 위생화를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다 (Angermann and Jepsen 1991; Glowacki 2005). 또한 식품에 적절한 선량의 감마선을 조사를 할 경우 구조를 이루는 성분들에 직접적인 영향을 주거나 수분이 이온화되어 자유 라디칼이 생성되고, 이 자유 라디칼들은 식품의 성분과 반응하여 물리화학적 특성에 영향을 주게 된다 (Sokhey *et al.* 1993; Diehl 1995; Bao *et al.* 2001).

따라서 본 연구에서는 질산염 무첨가 육포의 제조 개발을 위하여 질산염을 첨가하지 않은 돈육포를 제조하였고, 제조된 돈육포에 감마선을 조사하여 일반성분, 지질산화도, 색도 및 전단력 측정을 실시하여 돈육포에 감마선 조사 시 일어나는 이화학적인 변화를 측정하였다. 이를 통해 방사선 조사를 이용한 돈육포의 품질 개선 가능성과 방사선 조사 기술의 활용 범위 확대와 상업적 이용 가치를 높이고자 하였다.

재료 및 방법

1. 돈육포 제조 및 감마선 조사

돈육포는 Lee *et al.* (2004)의 방법에 따라 제조하였다. 즉, 0.5 cm 두께로 얇게 저민 신선한 돈육 등심 2 kg을 4°C의 저온항온기에서 16시간 동안 400 ml의 염지액에 절였다. 이때 염지액의 조성은 솔비톨 (27.9%), pork seasoning (25.1%), base seasoning (16.9%), 올리고당 (10.4%), hot seasoning (9.9%), 간장 (9.8%)이었다. 시험구는 무처리구, 아질산염 처리구 (60 ppm), 파프리카 및 매실추출액 처리구로 구분하였다. 이때 수용성 파프리카추출액과 매실추출액은 Korea Bio Food (Seoul, Korea)로부터 구입하여 사용하였다. 염지된 돈육은 조리기 (ES-3, NU-VU, Food Service System, Menominee, MI, USA)안에서 단계별로 건조한 후, 실온으로 냉각하여 1×10 cm 크기로 절단하고 nylon/polyethylene bag에 진공포장하여 실온에서 저장하면서 본 실험의 시료로 이용하였다. 제조된 시료는 150 g 단위로 알루미늄과 PE가 증착된 멸균 복합필름 포장지에 담은 후 감마선 조사를 실시하였다. 감마선 조사는 선원 490 kCi, Co-60 감마선 조사시설 (IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Ottawa, Canada)을 이용하여 실온 (20±1°C)에서 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 3, 5, 7, 10 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 dosimeter (Ceric Cerous Dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다.

2. 색도측정

시료 단면을 color/color colorimeter (Spectrophotometer, Model CM-3500d, Minolta Co., Japan)를 이용하여 명도 (lightness, L값), 적색도 (redness, a값) 및 황색도 (yellowness, b값)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L값이 90.5, a값이 0.4, b값이 11.0인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

3. 전단력 측정

육포를 5.0×1.0 cm의 크기로 자른 후 texture analyzer (TA-XT2i, Stable Micro Systems Co., Ltd., Surry, UK)로 1회 압착 시험을 통해 육포가 완전히 절단되는데 까지 소요되는 시간 (sec)·힘 (g) 그래프를 얻었으며, 이때 그래프의 내부면적을 총 전단력 (g·s)으로 계산하였다.

4. 일반성분

감마선 조사된 육포의 수분함량은 시료 2 g을 자동수분측정기 (SMO01, SCALTEC, Koeln, Germany)를 이용하여 측정하였으며, AOAC 방법 (1995)을 이용하여 조단백질 함량은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로

분석하였다.

5. 지질산패도

지방산패도는 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)법으로 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 50 μl의 BHA (butyl hydroxy anisole, 7.2% in ethanol)와 멸균증류수 15 ml을 넣은 후, homogenizer (DIAX 900, Heidolph Co., Schwabach, Germany)로 균질화하였다. 균질물 1 ml에 TBA (2-thiobarbituric acid)/TCA (trichloroacetic acid) 용액 (20 mM TBA in 15% TCA) 2 ml을 넣은 후, 끓는 물에서 15분간 가열하였다. 이 후 원심분리기 (UNION 5KR, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)를 이용하여 원심분리 (2,000 rpm, 15 min)한 후 상층액 1 ml을 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정하고 검량선을 이용하여 malondialdehyde (MDA)의 농도를 구하였다. 이 때 얻어진 결과는 μg MDA g^{-1} sample (wet basis)로 표시하였다.

6. 관능검사

돈육포의 관능검사는 한국원자력연구원 정읍 방사선과학연구소의 연구원 중 훈련된 panel 30인을 대상으로 하였으며, 이때의 평가항목은 색 (color), 향미 (flavor), 맛 (taste), 조직감 (texture), 전체적인 기호도 (overall acceptability)로, 매우 좋아한다 (강하다) 7점, 좋지도 싫지도 않다 4점, 매우 싫어한다 (약하다) 1점으로 하였다. Panel은 관능검사 중 나이 · 성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 뱉는 컵, 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위해 total session은 15～20분으로 정하였다.

7. 통계처리

실험 결과는 Means±S.D.로 나타내었으며, SPSS (Windows ver. 10.0, SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하여 각 시료간의 유의성을 검증한 후 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 돈육포 제조를 위한 천연추출액의 최적 첨가량 결정

돈육포에 첨가하는 천연추출액의 최적 배합비 결정을 위해 파프리카추출액 (0.1～0.5%) 및 매실추출액 (2.0～5.0%)을 첨가한 후 돈육포를 제조하여 관능평가를 실시한 결과를 Table 1에 나타내었다. 그 결과, 파프리카추출액 0.5%와 매실추출액 3.5%를 첨가한 돈육포의 종합적 기호도가 가장 높은 것으로 나타나 돈육포 제조를 위한 최적 배합비로 확인되었다.

Table 1. Overall sensory acceptability of the pork jerky with respect to the addition levels of the natural extracts

Concentration of paprika extract (%)	Concentration of Japanese apricot extract (%)		
	2.0	3.5	5.0
0.1	3.5^{c}	5.0^{bc}	5.2^{ab}
0.3	4.3^{bc}	5.8^{a}	5.4^{ab}
0.5	5.2^{ab}	6.0^{a}	5.7^{a}

$^{a-c}$Means within the samples different letters differ significantly ($p<0.05$).

2. 천연추출액의 최적 첨가에 따른 색도 변화

상기 결과를 바탕으로 최적 조건으로 제조된 돈육포의 색도 (hunter's value)를 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 제조 직후 명도 (L)는 아질산염 처리구가 가장 높게 나타났으며, 파프리카 및 매실추출액 처리구는 낮게 나타났다. 또한 저장 70일 후, 모든 처리구에서 명도가 낮아지는 경향을 보였으나, 아질산염 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 적색도 (a)의 경우 제조 직후 천연추출액 처리구와 아질산염 처리구는 무처리구에 비해 높게 나타나 천연추출액 첨가가 돈육포의 발색에 효과가 있는 것으로 나타났으며, 저장 70일 후에도 천연추출액 처리구와 아질산염 처리구의 적색도는 무처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 한편, 제조 직후 황색도 (b)의 경우, 아질산염 처리구가 가장 높았으며, 저장 70일 후 전반적으로 감소하였다. 이러한 결과는 파프리카추출액에 함유된 붉은색은 β-carotene, β-cryptoxanthin, cucurbitaxanthin A 및 violaxanthin (epoxidized carotenoids) 등의 carotenoids 색소에 의한 것으로 (Fisher and Kocis 1987), 파프리카의 천연색소 성분은 아질산염과 유사한 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다. 한편, Bloukas *et al.* (1999)은 frankfurter형 소시지에 betanin, carminic acid, beta-carotene 및 파프리카 추출액을 첨가하였을 때, 선명한 선홍색이 되어 관능적 기호도가 증가하였다고 보고하여 육가공제품 생산 시, 아질산염 대체 물질로서 파프리카추출액의 이용가능성을 제시한 바 있다. 또한, 파프리카와 함께 사용된 매실추출액은 항산화성분으로 알려진 rutin 및 naringenin 등을 함유하고 있어 저장 중 파프리카 색소의 분해를 억제하여 저장 중 육색의 안정성에 기여하였을 것으로 사료되었다. 한편, Biacs *et al.* (1993)은 ascorbic acid와 tocopherol과 같은 항산화제가 저장 중 carotenoid 색소의 분해를

Table 2. Hunter's values of the pork jerky with respect to an addition of the natural extracts and/or sodium nitrite

Treatment	*L*	a	b
0 Day			
Control	24.39[b]	2.99[b]	3.19[b]
Nitrate	26.33[a]	4.69[a]	4.13[a]
Natural extracts	22.57[c]	5.19[a]	3.70[ab]
SEM[1)]	0.833	0.589	0.622
70 Days			
Control	19.05[b]	2.48[b]	3.10[a]
Nitrate	23.24[a]	3.26[a]	2.35[ab]
Natural extracts	19.05[b]	3.32[a]	1.81[b]
SEM	1.219	0.556	0.544

[a-c]Means within the same column different letters differ significantly ($p < 0.05$).
[1)]SEM: Standard errors of means (n=40).

Table 3. TBARS (malondialdehyde [MDA] μg g^{-1} sample) of the pork jerky with respect to an addition of the natural extracts and/or sodium nitrite

	Control	Nitrate	Natural extracts	SEM
0 Day	0.235[a]	0.227[ab]	0.229[ab]	0.0092[1)]
70 Days	0.265[a]	0.234[b]	0.238[b]	0.0120

[a-b]Means within the same column different letters differ significantly ($p < 0.05$).
[1)]SEM: Standard errors of means (n=12).

억제시킬 수 있다고 보고하여 이상의 결과를 뒷받침하였다.

3. 천연추출액의 최적 첨가에 따른 지질산화도 (TBARS) 변화

천연추출액을 첨가한 돈육포의 지질산화도를 평가한 결과를 Table 3에 나타냈다. 돈육포 제조 직후 천연추출액 및 아질산염 처리구의 지질산화도는 무처리구에 비해 조금 낮게 나타났다. 그러나 저장 70일 후, 무처리구의 지질산화도는 크게 증가된 반면, 천연추출액 및 아질산염 처리구는 크게 증가하지 않아 천연추출액 첨가가 육포의 지질산화를 억제할 수 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 육제품 저장 중 지질의 산화는 필수아미노산과 같은 영양소의 손실과 색, 풍미, 향, 조직과 같은 관능적 품질 저하를 유발한다(Aguirrezabal *et al.* 2000). 이를 억제하기 위해 아질산염, metal-chelating agent 및 BHA와 BHT와 같은 합성 항산화제 등을 첨가하고 있으나(Mielche and Bertelsen 1994), 합성항산화제의 경우 인체의 유해성이 점차 부각됨에 따라 최근 천연항산화제 사용에 대한 관심이 증대되고 있다(Rey *et al.* 2005). 본 연구에 사용된 파프리카의 경우, Vit. A와 Vit. C, flavonoids, phenolic acids 및 carotenoid 색소와 같은 항산화성분이 포함되어 있으며, 파프리카에 있는 매운맛 성분인 capsinoids 역시 항산화활성이 있는 것으로 보고되었다(Rosa *et al.* 2002). 또한, 매실에 함유된 rutin (quercetin-3-rhamnosyl-glucoside)은 hydroxyl radical, superoxide radical 및 peroxyl radical과 같은 활성산소종의 소거능을 보고한 바 있어 이상의 결과를 뒷받침한다(Sim *et al.* 2002; Hwang *et al.* 2004).

Table 4. Texture properties of the pork jerky with respect to an addition of the natural extracts and/or sodium nitrite

Treatment	Total shearing work (g · s)
0 Day	
Control	47978.29[a]
Nitrate	47700.21[a]
Natural extracts	33204.24[b]
SEM[1)]	2139.205
70 Days	
Control	67237.08[a]
Nitrate	66345.04[a]
Natural extracts	39740.53[b]
SEM	3389.103

[a-b]Means within the same column different letters differ significantly ($p < 0.05$).
[1)]SEM: Standard errors of means (n=40).

4. 천연추출액의 최적 첨가에 따른 조직감 변화

천연추출액을 첨가한 돈육포의 조직감을 확인하기 위해 전단력을 분석한 결과를 Table 4에 나타냈다. 그 결과 제조직후 및 저장 70일 후, 천연추출액 첨가 돈육포의 총 전단력은 무처리구와 아질산염 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타나 육포의 연도 개선에 효과적인 것으로 확인되었다. 육포는 딱딱한 조직감 때문에 섭취하기가 힘든 식품으로(Jung *et al.* 1994) 육포의 조직감을 개선하기 위한 연구가 진행되었는데, Kuo and Ockeman (1985)는 육포에 설탕을 첨가할 경우 경도를 감소시킬 수 있다고 하였으며, Park *et al.* (2005)은 우육포에 꿀과 올리고당 및 설탕을 첨가할 경우, 연화도가 높아져 기호도가 증가되었다고 보고하였다. 본 연구결과에서도 매실 및 파프리카추출액에 함유된 당류들이 육포에 부드러운 조직감을 부여한 것으로 사료된다.

5. 천연추출액의 최적 첨가에 따른 관능학적 특성 변화

돈육포에 천연추출액을 첨가하여 관능평가를 실시한 결과를 Table 5에 나타내었다. 제조 직후 및 저장 70일 후, 천연추출액이 첨가된 돈육포의 외관은 다른 처리구

Table 5. Sensory properties of the pork jerky with respect to an addition of the natural extracts and/or sodium nitrite

Treatment	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall quality
0 Day					
Control	2.57^{c}	3.86^{bc}	4.00^{ab}	4.00^{ab}	4.02^{b}
Nitrate	4.29^{b}	3.14^{c}	3.71^{b}	3.00^{b}	3.96^{b}
Natural extracts	5.71^{a}	5.29^{a}	5.28^{a}	4.57^{a}	5.86^{a}
SEM[1)]	0.534	0.522	0.659	0.649	0.659
70 Days					
Control	2.75^{c}	3.26^{NS}	3.13^{b}	3.75^{ab}	3.18^{b}
Nitrate	3.25^{bc}	3.85	2.63^{b}	3.00^{b}	3.25^{b}
Natural extracts	5.25^{a}	4.15	4.38^{a}	4.75^{a}	4.625^{a}
SEM	0.534	0.683	0.504	0.555	0.618

$^{a-c}$Means within the same column different letters differ significantly ($p < 0.05$).
^{NS}Not significantly different among the samples within the column.
[1)]SEM: Standard errors of means (n=84).

Table 6. Effect of gamma irradiation on proximate composition (moisture, crude protein and crude lipid content) of pork jerky (unit: %)

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
Moisture	21.6±0.2[1)]	20.9±0.2	21.1±0.1	22.3±0.2	21.5±0.2
Crude protein	50.9±0.1	52.6±0.2	51.5±0.2	52.1±0.3	52.7±0.1
Crude lipid	7.5±0.3	8.1±0.1	7.7±0.2	7.9±0.3	7.5±0.2

[1)]Values are mean±standard deviation (n=5).

에 비해 높게 나타났는데 이는 색도 측정 결과에서와 같이 파프리카의 색소 성분에 의해 돈육포의 적색도가 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. 또한 천연추출액 첨가구의 맛과 풍미 또한 무처리구 및 아질산염 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 매실추출액에 존재하는 당과 유기산 및 파프리카의 매운맛 성분에 의한 것으로 사료된다. 조직감 역시 물성분석 결과와 같이 천연추출액 처리구가 유의적으로 가장 높게 나타났다. 종합적 기호도 역시 천연추출액 처리구가 무처리구 및 아질산염 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타나, 아질산염은 외관 기호도만 개선된 반면, 천연추출물은 외관, 풍미, 맛, 조직감과 같은 다른 관능적 특성까지 개선시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 돈육포 제조시 파프리카 및 매실추출액의 첨가는 돈육포의 관능적 품질 및 저장안정성을 향상시키는 것으로 나타나 아질산염의 대체제로서 매우 효과적일 것으로 기대된다.

6. 감마선 조사된 육포의 일반성분 분석

감마선 조사한 돈육포의 일반성분 분석 결과는 Table 6과 같다. 감마선 조사에 따른 수분, 조단백질, 조지방 함량의 변화는 나타나지 않았다. 일반적으로 시판중인 돈육포의 수분 함량은 22.25%, 단백질 함량은 53.22%, 조지방 함량은 7.06%이며, Han 등의 연구(2001)에서도 수분(19.22%), 단백질(56.81%), 지방(8.19%)의 함량과 비슷한 수치를 나타내었다. 또한 식품에 있어서 방사선 조사가 주된 영양 성분의 함량에 영향을 미치지 않는다는 기존의 연구 결과와도 일치하였다(Kim 2006).

Table 7. Effect of gamma irradiation on TBARS of pork jerky (MDA μg g^{-1} sample)

Irradiation dose (kGy)				
0	3	5	7	10
0.29±0.01[1)]	0.26±0.01	0.28±0.01	0.29±0.02	0.27±0.01

[1)]Values are mean±standard deviation (n=30).

7. 감마선 조사된 육포의 지질 산패도 변화

돈육포의 감마선 조사에 의한 TBARS 실험 결과는 Table 7과 같다. 대조구와 조사구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($p < 0.05$). 이를 통해 육포에 있어서 10 kGy 이하의 감마선 조사는 지질 산패도에 영향을 주지 않는 것으로 파악되었다. 이는 감마선 조사 돼지고기에 있어 낮은 선량에서는 비조사구와 조사구간의 지질 산패도의 차이가 없었다는 보고와 유사하였다(Mattison *et al.* 2006). 육류에서의 TBA값은 0.46 mg kg^{-1} 이하까지가 가식권으로 인정되며, 1.2 mg kg^{-1} 이상일 경우, 산패한 것

Table 8. Effect of gamma irradiation on hunter's color value of pork jerky

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
L	28.06±0.23[a]	27.18±0.14[ab]	27.11±0.26[ab]	26.74±0.12[ab]	25.69±0.21[b]
a	3.18±0.01[a]	4.19±0.02[b]	5.07±0.03[c]	6.13±0.03[d]	7.02±0.02[e]
b	3.54±0.04[a]	4.54±0.08[b]	4.40±0.04[b]	3.96±0.07[ab]	3.84±0.05[ab]

Values are mean±standard deviation (n=30).
[a-e]Mean values within a row follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

Table 9. Effect of gamma irradiation on texture of pork jerky

Shear force	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
Maximum (g)	21.55±1.92[a]	20.47±1.08[ab]	19.72±1.95[b]	19.66±2.01[b]	18.90±1.02[c]
Total (g · s)	71.54±6.98	71.52±8.11	70.99±7.58	67.69±6.54	66.86±7.33

Values are mean±standard deviation (n=20).
[a-c]Mean values within a row follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

으로, 4.0 mg kg^{-1} 이상은 완전 산패되는 것으로 알려져 있다. 이를 통해 본 실험에서 감마선 조사에 의한 지질 산패도의 변화는 미미한 수준이며 추후 더 높은 선량으로 조사할 경우에도 가식권 내의 돈육포를 제조할 수 있으리라 사료되었다.

8. 감마선 조사된 육포의 색도 변화

감마선 조사에 의한 돈육포의 색도 측정 결과는 Table 8과 같다. 명도(L)는 조사선량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 적색도(a)는 조사선량이 증가할수록 유의적인 증가를 보였다($p<0.05$). 황색도(b)에서는 조사선량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였으나 대조구보다 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). 일반적으로 돈육에 감마선을 조사할 경우, 적색도가 증가하게 되는데 (Lee and Lee 2004; Nam *et al.* 2006), 이는 식육의 myoglobin이 산화하여 oxymyoglobin을 형성하게 되고 지속적인 산화 과정에 따라 metmyoglobin을 형성하게 되나, 감마선 조사 식육은 이온화 에너지의 흡수에 의해 Fe^{2+}의 산화가 발생되어 Fe^{3+}의 생성과 함께 감마선 자체에 의한 metmyoglobin의 파괴가 일어나므로 (Clarke and Richards 1971) 결과적으로 oxymyoglobind에 의해 선홍색을 띠게 된다는 것으로 알려져 있다 (Lee 1999).

9. 감마선 조사된 육포의 조직감 변화

감마선 조사선량에 따른 돈육포의 조직감 중 전단력의 측정 결과는 Table 9와 같다. 감마선 조사된 육포의 전단 시 요구되는 힘을 측정한 결과, 최대 전단력 ($p<0.05$)과 총 전단력은 모두 감소하는 경향을 보였으며, 이는 Yook *et al.* (1999)의 보고와 일치하는 경향을 나타내었다. 식육에 있어 감마선 조사 시 근육 내 collagen 단백질들인 titin과 nebulin의 파괴와 perimysium과 endomysium의 파괴 속도가 비조사근육보다 빠르게 진행되고 이로 인해 식육의 연도가 개선되었다고 보고된 바 있다 (Lee 1999).

10. 감마선 조사된 육포의 관능학적인 특성 검사

육포의 감마선 조사에 의한 관능적 변화는 Table 10에 나타내었다. 감마선의 조사선량이 증가할수록 색과 조직감은 기호도가 유의적으로 증가하였으나 향미, 맛 및 전체적인 기호도에서 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 ($p<0.05$). 원료육의 색은 신선도 판정에 있어 매우 중요한 지표이다. 특히 돈육에 있어 선홍색은 높은 등급으로 판정하며 (Kauffman *et al.* 1993), 또한 소비자는 선홍색인 원료육 및 육가공품을 선호하기 때문에 육제품은 질산염 또는 아질산염 등과 같은 화학 발색제를 이용하여 신선한 원료육과 비슷한 색으로 발색시킨다. 이러한 화학 발색제의 첨가는 dimethylamine과 nitrous acid의 반응에 의해 발암물질인 dimethylnitrosamine을 생성할 수 있어 독성성분으로 분류되어 있다 (Woo and Lee 1982). 돈육포에 선량을 달리하여 감마선 조사 후 색도를 측정한 결과, 조사선량이 증가할수록 적색도(a)가 증가하였는데, 관능검사 결과에서 조사선량이 증가할수록 색에 대한 기호도 역시 증가하였다. 이를 통해 선홍색인 돈육포의 선호도가 높음을 알 수 있었으며, 감마선 조사가 돈육포의 색을 선홍색으로 변색시킴으로써 화학 발색제를 첨가하지 않고도 기호도가 확보된 돈육포의 제조가

Table 10. Effect of gamma irradiation on sensory properties of pork jerky

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
Color	4.09±0.62[a,1)]	4.57±0.53[a]	4.95±0.48[a]	5.21±0.51[ab]	5.81±0.67[b]
Flavor	4.35±0.58[a]	4.14±0.49[a]	4.26±0.59[a]	3.86±0.41[ab]	3.43±0.49[b]
Taste	4.37±0.55[a]	4.21±0.47[a]	4.25±0.55[a]	3.90±0.41[ab]	3.57±0.54[ab]
Texture	4.00±0.47[a]	4.59±0.48[a]	4.43±0.47[a]	4.88±0.41[a]	5.52±0.48[b]
Overall acceptability	4.35±0.61[a]	4.42±0.57[a]	4.35±0.67[a]	3.86±0.59[ab]	3.43±0.64[b]

[1)]Values are mean±standard deviation (n=30).
[a,b]Mean values within a row follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

가능하리라 사료된다. 조직감의 경우, 감마선 조사선량이 증가할수록 점수는 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). 육포는 저장성이 높으나, 단단한 질감을 가지고 있어, 그 소비층이 다양하지 못하다. 그러나 감마선 조사를 통해 연도개선이 된 육포는 보다 부드러운 질감을 갖게 되기 때문에 조직감에 대한 기호도가 높아진 것으로 사료되었다. 향미 및 맛의 경우 감마선 조사선량에 따라 유의적인 감소를 보였는데 ($p<0.05$), 이는 감마선 조사에 의해 발생되는 이취에 의한 것으로 판단되었다. 일반적으로 방사선 조사된 식품은 고유의 방향성분이 감소되며 불쾌취가 발생한다고 하였는데, 특히 육류에 있어서, Lefevre *et al.* (1992)과 Lynch *et al.* (1991)은 방사선 조사한 육류에서 이취가 발생했으며, 이러한 조사취로 인해 향미에 대한 선호도가 낮은 값을 나타낸 것으로 보고하였다. 또한 조사취는 wet dog odor와 같은 냄새로 인식되기도 한다. 이러한 조사취에 의해 향미와 맛에 있어 기호도가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 지금까지의 결과는 돈육포의 육색 및 조직감 개선을 위한 감마선의 이용 가능성을 시사하고 있으며, 향후 방사선 조사에 의해 저하된 관능적 품질 개선을 위한 추가 실험이 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

결 론

본 연구에서는 방사선 조사기술을 적용하여 제조된 질산염 무첨가 반건조 육포의 일반성분, 지질산화도, 색도, 전단력 측정 및 관능평가를 실시하였다. 육포의 색도를 보존시키기 위하여 천연 착색제인 파프리카 및 매실 추출액을 사용하여 최적 첨가량을 결정하였으며, 결정된 최적 첨가량으로 제조된 육포의 색도, 지질산화도 및 관능학적인 평가를 진행한 결과 추출액의 첨가에 따라, 색도, 지질산화도 및 관능학적인 기호도가 증진되는 것으로 평가 되었다. 이렇게 제조된 육포에 방사선을 1～10 kGy의 선량으로 조사한 경우, 조사선량이 증가함에 따라 일반성분의 변화 및 지질산화에 미치는 영향은 없었으며, 색도 및 조직감을 향상 시키는 것으로 관찰되었다. 이러한 결과를 바탕으로 관능학적인 기호도를 평가한 결과 감마선의 조사선량이 증가할수록 육포의 색 및 조직감의 기호도는 유의적으로 증가하였으나 향미, 맛 및 전체적인 기호도에서 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 방사선 조사는 육색 및 조직감을 개선시킬 수 있는 효과적인 방법으로 사료되나 향미 맛 등의 전체적인 기호도를 개선시킬 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 장안대학교 교내연구비 지원사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Aguirrezàbal MM, Mateo J, Domìnquez MC and Zumalacarrequi JM. 2000. The effect of paprika, garlic acid and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Sci.* **54**:77-81.

Angermann P and Jepsen OB. 1991. Procurement, banking and decontamination of bone and collagenous tissue allografts guidelines for infection control. *J. Hosp. Infect.* **17**:159-169.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C, USA.

Bao JS, Shu QY, Xia YW, Bergman C and McClung A. 2001. Effects of gamma irradiation on aspects milled rice (*Oryza sativa*) end-use quality. *J. Food Quality* **24**:327-336.

Biacs PA, Daood HG, Huszka TT and Biacs PK. 1993. Carotenoids and carotenoid esters from new cross cultivars of paprika. *J. Agric. Food Chem.* **41**:1864-1867.

Bloukas JG, Arvanitoyannis IS and Siopi AA. 1999. Effect of natural colorants and nitrites on color attributes of frankfurters. *Meat Sci.* **52**:257-265.

Choi SH, Kwon HC, An DJ, Park JR and Oh DH. 2003. Nitrite contents and storage properties of sausage added with green tea powder. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **23**:299-308.

Clarke R and Richards JF. 1971. Effect of γ-irradiation on beef myoglobin. *J. Agri. Food Chem.* **19**:170-174.

Diehl JF. 1990. Safety of irradiated food: Marcel Dekker Inc., New York, USA. pp. 92-97.

Fiddler W, Piotrowski EG, Pensabene JW, Doerr RC and Wasserman AE. 1972. Effect of sodium nitrite concentration on N-nitrosodimethylamine formation in frankfurters. *J. Food Sci.* **37**:668-670.

Fisher C and Kocis JA. 1987. Seperation of paprika pigments by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* **35**:55-57.

Giddings GG. 1977. The basis of color in muscle foods. *J. Food Sci.* **9**:81-114.

Glowacki J. 2005. A review of osteoinductive testing methods and sterilization processes for demineralized bone. *Cell Tissue Bank* **6**:3-12.

Ha MH, Park WP, Lee SC and Cho SH. 2005. Organic acids and volatile compounds isolated from *Prunus mume* extract. *Korean J. Food Preserv.* **12**:195-198.

Han JT, Lee SY, Kim KN and Baek NI. 2001. Rutin, antioxidant compound isolated from the fruit of *Prunus mume*. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **44**:35-37.

Hwang JW, Ham JW and Nan SH. 2004. The antioxidant activity of Maesil (*Prunus mume*). *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**:461-464.

Jung SW, Beak YS, Kim YS and Kim YH. 1994. Quality changes of beef jerky during storage. *Korean J. Anim. Sci.* **36**: 693-697.

Kauffman RG, Sybesma W, Smulders FJM, Eikelenboom G, Engel B, vanLaack RLJM, Hoving-Bolink AH, Sterrenberg P, Nordheim EV, Walstra P and van der Wal PG. 1993. The effectiveness of examining early postmortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Sci.* **34**:283-300.

Kim IS, Jin SK, Hur IC, Choi SY, Jung HJ, Lee JK, Kang SH, Woo GM and Kang SN. 2009. Effect of tomato powder on meat patties as nitrite alternatives. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**:382-390.

Kim KH. 2006. Physicochemical quality properties of gamma irradiated-commercial powdery soup under accelerated storage condition. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**:1031-1037.

Kuo JC and Ockerman HW. 1985. Effect of salt, sugar and storage time on the microbiological, chemical and sensory properties of chinese style dried pork. *J. Food Sci.* **50**:1384-1388.

Lee JW, Yook HS, Kim SA, Sohn CB and Byun MW. 1999. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of pork loin. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**:705-711.

Lee KA and Lee YJ. 2004. Physico-chemical change in irradiated beef and pork loins. *J. Korean Living Sci.* **13**:1031-1036.

Lefevre N, Thivault C and Charbonnueau R. 1992. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation; Chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Sci.* **36**:371-380.

Lynch JA, MacFie HJ and Mead GC. 1991. Effect of irradiation and packaging type on sensory quality of chilled-stored turkey breast fillets. *J. Food Sci. Technol.* **26**:653-668.

Mattison ML, Krft AA, Olson DG, Walker MW, Rust RE and James DD. 2006. Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora sensory characteristics and fat stability. *J. Food Sci.* **51**:284-287.

Mielche MM and Bertelsen G. 1994. Approaches to theprevention of warmed-over flavor. *Trends Food Sci. Technol.* **5**: 322-327.

Nam KC, Ko KY, Min BR, Ismail H, Lee EJ, Cordray J and Ahn DU. 2006. Influence of rosemary-tocopherol/packaging combination on meat quality and the survival of pathogens in restructured irradiated pork loins. *Meat Sci.* **74**:380-387.

Park JH and 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.

Rey AI, Hopia A, Kivikari R and Kahkonen M. 2005. Use of natural food/plant extracts: cloudberry (*Rubus Chamaemorus*), beetroot (*Beta Vulgaris* "Vulgaris") or willow herb (*Epilobium angustifolium*) to reduce lipid oxidation of cooked pork patties. *LWT-Food Sci. Technol.* **38**:363-370.

Ryu HS, Hwang EY, Lee JY and Cho HK. 1998. A new regression equation of pH drop procedure for measuring protein digestibility. *J. Food Sci. Nutr.* **11**:140-145.

Sanz Y, Vila R, Toldra F and Flores J. 1998. Effect of nitrate and nitrite curing salts on microbial changes and sensory quality of non-fermented sausages. *Int. J. Food Microbiol.* **42**:213-217.

Sim JH, Park MW, Kim MR, Lim KT and Park ST. 2002. Natural products, organic chemistry: screening of antioxidant in fructus mume (*Prunus mume* Sieb. Et Zucc.) extract. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **45**:119-123.

Sokhey AS and Hanna MA. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Struct.* **12**:397-410.

Woo SJ and Lee HJ. 1982. Residual nitrite and nitrate in home-processed dry sausage and ham. *Korean J. Nut. Soc.* **15**:186-193.

Yang CY and Lee SH. 2002. Evaluation of quality of the marketing jerky in domestic; Investigation of outward appearance, food additives, nutrient content and sanitary state. *Korean J Food and Nutr.* **15**:197-202.

Yook HS, Lee JW, Lee HJ, Kim JG, Kim KP and 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.

Yun IR, Choi YJ, Heo JH, Choi CY, Seoung TJ, Kim YG and Kim JS. 2010. Nitrite scavenging activity and protective effect of the Puerariae Radix and green tea extract on lead acetate and cadmium-induced liver damage in mice. *Korean J. Vet. Serv.* **33**:275-285.

Manuscript Received: November 19, 2011
Revised: November 30, 2011
Revision Accepted: December 12, 2011