한 국 축 산 식 품 학 회 지
Korean J. Food Sci. Ani. Resour.
Vol. 28, No. 4, pp. 437~444(2008)

방사선조사된 패티용 분쇄우육의 가열전 품질특성

전기홍 · 오세욱 · 이남혁 · 김윤지 · 박기재 · 김영호*
한국식품연구원

Quality Properties of the Refrigerated or Frozen Irradiated Beef Patty

Ki Hong Jeon, Se Wook Oh, Nam Hyouck Lee, Yun Ji Kim, Ki Jae Park, and Young Ho Kim*
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

Microbial reduction, physicochemical property, and sensory evaluation of irradiated beef patty were investigated. The microbial counts of refrigerated beef patty were reduced to below the number of 3 logs after irradiation at 3 kGy. But no viable microorganism was detected in frozen beef patty irradiated at 3 kGy. Food additives such as nitrite, salt, phosphate and ascorbic acid did not affect on the inactivation of microorganism by irradiation. The irradiation effect on the water holding capacity was not significant, but frozen irradiated beef patty showed higher water holding capacity than refrigerated beef patty. The drip loss of irradiated beef patty did not show significant differences according to irradiation doses. Considering the influence of food additives, the irradiated beef patty mixed with salt and phosphate showed lower drip loss than that without food additives. In refrigerated beef patty, TBARS values were increased with increase of irradiation doses and showed lower values in the beef patty mixed with food additives than that without food additives. The redness of refrigerated beef patty showed highest values at 3 kGy of irradiation and then decreased with increasing irradiation doses, while in the frozen beef patty did not show distinct tendency according to the irradiation doses or food additives. In sensory evaluation, the irradiated beef patty showed unpleasant smell as compared with the non irradiated beef patty, but showed somewhat higher score in smell at the sample contained ascorbic acid regardless of irradiation doses.

Key words : beef patty, irradiation, quality property, refrigeration, freezing

서 론

쇠고기, 돼지고기와 같은 축육식품은 가공 및 보관 방법에 따라 미생물 오염에 의한 부패 가능성, 기생충 감염에 의한 상품가치 저하, 그리고 이들로 인한 식인성 질병의 유발 등을 예상할 수 있으므로 품질이 좋은 축육식품을 안전하게 소비할 수 있는 가공기술 또는 유통기술의 전략적 접근이 육가공산업에서 해결하여야 할 과제 중의 하나이고, 특히 단체급식 및 외식용으로 주로 이용되는 패티용 분쇄우육은 분쇄 및 정형 과정에서 미생물의 혼입 가능성이 높아지기 때문에 이러한 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 연구개발이 필요하다. 국제기구에서는 축육 및 가금육과 같은 근육식품의 살균, 살충 기술로써 감마선 또는 전자선을 이용한 방사선조사기술을 권장하였고 (WHO, 1981; 1992), 국내 · 외적으로는 근육식품의 방사선조사 적용기술은 대부분 미생물 감균을 통한 위생적 유통을 중심으로 한 연구가 활발히 진행되었다(Sweet and Moseley, 1976; Dickson and Maxcy, 1985; Mattison *et al.*, 1986; Thayer, 1993; 변 등, 2000). 그러나 방사선조사에 의하여 발생되는 이취, 변색 등과 같은 근육식품의 품질특성 또는 소비자 관능품위에 미치는 영향 등의 연구는 1990년대 후반부터 이루어지기 시작하였고(Ahn *et al.*, 1998; Braggins, *et al.*, 1999; Blixt and Borch, 1999; Ahn *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2002), 이러한 문제점을 해결하거나 개선하여 방사선조사기술을 실용화하고자 하는 연구는 아직 부족한 실정이다. 본 연구는 식인성 질병을 유발할 수 있는 원인식품의 하나인 패티용 분쇄우육에 방사선조사기술을 적용하였을 때 나타나는 미생물 감균효과, 품질특성 및 관능품위에 미치는 영향을 살펴보고자 하였고, 이를 위하여 패티용 분쇄우육에 첨가할 수 있는 아질산염, 인산염 및 소금 첨가에 따른 방사선조사선량의 영향을 조사하였다.

*Corresponding author : Young Ho Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea. Tel: 82-31-780-9159, Fax: 82-31-780-9286, E-mail: youngho@kfri.re.kr

재료 및 방법

시료조제

시중에 냉장유통되고 있는 한우 대퇴부를 구입하여 육 분쇄기(3/8 inch hole)로 분쇄한 후 아질산염, 인산염, 소금 및 아스코르빈산을 첨가하거나 하지 않고 Hovart형 mixer(KitchenAid, 5K5SS, Michigan, USA)로 2분 동안 혼합한 다음 40 g을 취하여 두께 1.5 cm의 원형 패티 형태로 정형하여 PE 필름으로 함기 포장하여 방사선 조사용 시료로 사용하였다. 이때 식품첨가물이 첨가되지 않은 분쇄우육을 대조구 또는 시료구 I로 하였고, 분쇄우육에 아질산염 50 ppm이 첨가된 시료구, 분쇄우육에 아질산염 50 ppm, 인산염 0.5% 및 소금 1.5%가 첨가된 시료구, 그리고 분쇄우육에 아질산염 50 ppm, 인산염 0.5%, 소금 1.5% 및 아스콜빈산 500 ppm이 첨가된 시료구를 각각 II, III, IV로 구분하였다. 시료조제에 사용한 시약은 식품첨가물급으로써 아질산염과 아스코르빈산은 신원무역(한국), 소금은 한주(한국), 인산염은 SDBNI(한국)에서 구입하여 사용하였다.

방사선조사

한국원자력연구원(대전)에서 보유하고 있는 연구용 조사시설인 γ-ray irradiator(선원 10만 Ci, Co-60) 조사시설을 이용하여 각각의 시료구(I, II, III, IV)를 실온(14±1°C)에서 83.3 Gy/min의 선량율로 각각 0, 3, 7, 12 및 18 kGy의 총흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 ceric cerous dosimeter(Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였고, 총흡수선량의 오차는 ±0.2 kGy였다. 방사선조사 직후에 시료를 아이스박스에 담아 실험실로 운반하였고, 냉장육(4°C, 2일)과 냉동육(-20°C, 90일)으로 구분하여 방사선조사에 의한 품질특성을 비교하였다.

일반세균

시료 10 g에 90 mL의 펩톤수를 가한 후 균질기로 균질화 시킨 뒤 각 단계별 희석한 용액을 멸균된 petri dish에 분주하고 약 45-48°C로 유지한 plate count agar(PCA) 약 16 mL를 무균적으로 가하여 혼합하여 고형화 하였다. 고형화 후 배지를 30°C에서 72시간동안 배양하고 평판당 30-300개의 집락을 생성한 평판을 선택하여 집락수를 계수하여 시료 g당 $\log_{10}$ CFU를 구하였다.

보수력

시료 7-8 g을 취하여 원심분리관에 넣고 70°C 수욕조에서 30분간 탕침 가열한 후 냉각수에서 10분간 식힌 다음 1,000 rpm의 속도로 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 원심분리관의 하부에 분리된 유리수분양을 측정하여 %로 환산하였다. 시료의 수분함량은 동일한 시료 7-8 g을 취하여 105°C 건조기에서 16시간 건조하여 항량을 구한 다음 %로 환산하였다. 환산된 총수분함량 %와 유리수분 %를 기준으로 보수력을 계산하였다.

$$\text{보수력 \%} = \text{총수분함량 \%} - \text{유리수분량 \%}$$

해동감량

해동감량은 -20°C에서 90일 저장한 시료를 상온에서 24시간 방치하여 드립발생을 유도한 후 드립을 제거하여 아래 식으로 계산하였다.

$$\text{해동감량 \%} = (\text{냉동시료 무게-드립이 제거된 시료무게}) / \text{냉동시료 무게} \times 100$$

pH

pH meter(IQ Scientific Instruments, IQ400, San Diego, CA, USA)를 이용하여 시료 중심의 pH를 측정하였다.

TBARS(2-thiobarbituric acid reactive substances)

Burge와 Aust(1978)의 방법을 일부 수정하여 고기시료 5 g에 butylated hydroxytoluen(Sigma, 시그마알드리치 코리아) 50 μL와 증류수 15 mL를 넣고 균질기(Ultra-Turrax T25, IKL-Labortechnik, Germany)로 10,000 rpm에서 15초간 균질화하였다. 균질액 1 mL에 2-thiobarbituric acid/trichloroacetic acid(Sigma, 시그마알드리치 코리아)용액 2 mL를 넣고 vortex mixer로 혼합하여 90°C 수욕조에서 15분간 발색시킨 다음 냉각수로 10분간 냉각시켰다. 원심분리기로 3,000 rpm으로 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 531 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 공시험구의 흡광도는 증류수 1 mL와 TBA/TCA 용액 2 mL를 혼합하여 측정하였으며 시료 kg 당 malonaldehyde의 mg수로 표시하였다.

$$\text{TBARS value} = (\text{시료의 흡광도} - \text{공시험의 흡광도}) \times 5.88$$

색도

Minolta Chromameter(Minolta Co. CR-300, Osaka, Japan)를 이용하여 시료의 앞뒤 표면을 임의로 4군데 선택하여 측정한 a-값(redness)의 평균을 나타냈다. 이때 L값 89.2, a값 0.921, b값 0.783인 표준색판을 사용하여 표준화한 다음 측정하였다.

관능평가

훈련된 18-20명의 관능검사 요원을 대상으로 시료를 일정량 취하여 시료의 색깔과 냄새를 맡도록 하였고, 7점 척도묘사법으로 1점은 '아주 나쁘다', 2점은 '나쁘다', 3점은

'적당히 나쁘다', 4점은 '적당하다', 5점은 '적당히 좋다', 6점은 '좋다', 7점은 '대단히 좋다'로 하여 점수를 기록한 후 특이한 사항을 별도 기술하도록 하였다.

통계분석

실험결과의 통계분석은 SAS(1999)의 GLM(General linear model) 방법으로 분석하였고 Duncan의 다범위 검정(alpha <0.05)을 통하여 각 시료간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

일반세균

방사선조사는 근육식품에 존재하는 미생물의 살균 효과가 큰 것으로 보고되고 있는데, 방사선조사에 의한 미생물의 반응정도는 미생물 고유의 방사선 감수성 뿐만 아니라 미생물 생존에 영향을 주는 외부 환경 즉, 온도, 수분활성도, pH, 식품의 이화학적 성분, 미생물의 생장단계와 같은 환경변화가 미생물 세포의 물리화학적 특성에 영향을 미쳐 방사선 감수성이 달리 나타나는 것으로 알려지고 있다(변 등, 2000). 통상적으로 방사선에 저항성이 강한 세균인 *Micrococcus radiodurans*(Bruce, 1964; 변 등, 2000) 등을 제외하고 대부분의 일반세균은 5 kGy 정도의 조사선량에서 사멸하는 것으로 보고되고 있다(Sweet and Moseley, 1976; FDA, 1986; Lefebvre *et al.*, 1992; Thayer *et al.*, 1993). Mattison 등(1986)은 돼지고기 가공품에서 1 kGy의 저선량 감마선조사가 관능검사와 지질산패에 영향을 주지 않으면서 중온성, 저온성 및 부패균의 증식억제에 매우 효과적인 것으로 보고하고 있으며, Dickson과 Maxcy(1985)는 발효소시지 제조시의 고기반죽에 5 kGy의 감마선을 조사함으로서 호기성세균, 대장균군 및 *Staphylococcus*의 증식을 공중보건의 개념 수준까지 억제시킬 수 있었다고 보고하였다. 또한 Kwak과 Kang(2000)은 냉장 쇠고기 포장육에 3 kGy의 감마선을 조사하여 초기 2.0×10^2 CFU/g이었던 일반세균을 모두 사멸시켰다고 보고하였으며, Yook 등(1999)은 초기 미생물오염도가 호기성세균 약 8.0×10^2 CFU/g, 젖산균 약 2.0×10^2 CFU/g, 효모 약 8.0×10^1 CFU/g 수준으로 나타낸 우육에 5 kGy 내외의 감마선 조사로 부패미생물의 살균 또는 감균으로 저장기간을 연장시켰다고 보고한 바 있다.

본 실험에서는 식품첨가물을 사용한 패티용 분쇄우육의 방사선조사선량에 따른 미생물 제어효과를 살펴보았으며 그 결과는 Table 1과 같다. 방사선조사 직후의 냉장육 초기 미생물은 식품첨가물에 관계없이 10^5 CFU/g 수준이었으나 3 kGy 선량의 방사선조사에 의하여 10^2-10^3 CFU/g 수준으로 감균되었으며, 7 kGy에서는 미생물이 검출되지 않았다. 반면에 -20°C에서 90일 저장한 냉동육의 미생물은 10^3-10^4 CFU/g 수준으로 낮아졌으며, 3 kGy 이상의 방사선조사선량에서는 미생물이 검출되지 않았다. 이러한 결과는 냉동조건이 미생물의 생존환경을 열악하게 할 뿐만 아니라 방사선조사와 상승 작용을 하여 미생물의 방사선 감수성을 높이는 것으로 예측되었다. 그러나 분쇄우육 제조시 가공적성 또는 맛을 개선하기 위하여 사용되는 아질산염, 소금, 인산염 및 아스콜빈산과 같은 식품첨가물은 미생물의 방사선 감수성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

보수력

보수력은 고기의 중량감소, 연도, 다즙성 및 조직과 깊은 관계가 있으며 pH, 염용성단백질, 소금, 인산염 등이 보수력을 증진시키는 주요 인자이고, 분쇄공정에 의하여도 증가하는 것으로 알려져 있다(김 등, 1998). 방사선조사된 분쇄우육의 보수력 변화는 Table 2와 같다. 일반적으로 알려진 바와 같이 소금과 인산염이 첨가된 시료구(III, IV)가 무첨가 시료구(I, II)에 비하여 높은 보수력을 나타냈지만, 각 시료구는 방사선조사선량에 따른 유의적 차이를 보이지 않아 분쇄우육의 보수력에 미치는 방사선조사의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 한편, 동일한 시료구에서는 방사선조사와 관계없이 냉장육에 비하여 냉동육

Table 1. Microbial counts of irradiated comminuted beef containing different additives ($\log_{10}$ CFU/g)

kGy \ Sample	Refrigerated				Frozen			
	1)I	2)II	3)III	4)IV	1)I	2)II	3)III	4)IV
0	5)$5.62^x\pm0.11$	$5.34^x\pm0.19$	$5.67^x\pm0.52$	$5.98^x\pm0.56$	4.61 ± 0.01	4.28 ± 0.01	3.68 ± 0.02	3.56 ± 0.01
3	$2.95^y\pm0.41$	$2.88^y\pm0.59$	$3.29^y\pm0.44$	$3.62^y\pm0.31$	6)ND	ND	ND	ND
7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

1)I : comminuted beef only.
2)II : comminuted beef containing nitrite (50 ppm).
3)III : comminuted beef containing nitrite (50 ppm), salt (1.5%, w/w) and phosphate (0.5%, w/w).
4)IV : comminuted beef containeing nitrite (50 ppm), salt (1.5%, w/w), phosphate (0.5%, w/w) and ascorbic acid (500 ppm).
5)Mean±SD.
6)ND : not detected.
x,yDifferent letters within a same column are significantly different (p<0.05), n=6.

Table 2. Water holding capacity of irradiated comminuted beef containing different additives (unit: %)

kGy \ Sample	Refrigerated				Frozen			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	[1)]46.8^b±3.3	43.0^b±1.4	57.3^a±1.3	63.0^a±2.5	51.3^B±0.6	52.0^B±2.2	63.1^A±6.4	66.9^{Ax}±2.5
3	43.4^b±2.8	47.6^b±2.5	60.4^a±1.7	57.8^a±2.0	56.9^B±5.8	52.4^B±3.8	66.5^A±2.9	66.2^{Ax}±1.1
7	46.9^b±3.2	46.1^b±1.8	60.8^a±3.1	56.6^a±0.2	56.6 ±5.5	57.0 ±2.6	63.9 ±5.3	59.3^{xy}±5.9
12	46.6^b±1.1	45.7^b±1.6	59.4^a±2.4	57.1^a±3.0	53.6 ±2.7	53.1 ±3.3	57.9 ±5.0	55.8^y ±6.4
18	45.1^b±0.7	43.4^b±2.7	60.6^a±2.6	54.7^a±2.7	53.3 ±5.1	54.2 ±2.5	63.4 ±1.9	56.8^y ±3.0

[1)] Mean±SD.
[a,b] Different letters within a same row are significantly different in refrigerated.
[A,B] Different letters within a same row are significantly different in frozen.
[x,y] Different letters within a same column are significantly different (p<0.05), n=3.
I, II, III, IV : same as Table 1.

의 보수력이 높은 것으로 나타났는데 이는 Table 3에 나타난 바와 같이 냉동육의 높은 pH가 주요 인자로 작용한 것으로 생각되었다.

pH

고기의 pH 변화는 육색, 조직감, 보수력 및 미생물 오염 등과 관계가 있다. 일반적으로 고기의 pH가 낮아지면 산소화 마이오글로빈의 산화가 촉진되고 산화 마이오글로빈의 환원이 촉진되어 환원력이 급속히 고갈되어 육색의 안정도에 영향을 주게 되며, 특히 사후강직이 신속히 진행되어 pH가 급속히 저하되면 근육 단백질의 변성을 초래하여 근원섬유내 공간 내에 수분을 유지시키는 단백질의 능력이 저하되어 보수력이 낮아지는 것으로 알려지고 있다(강 등, 1992). Table 3에 나타낸 바와 같이 소금 및 인산염을 첨가한 시료구(III, IV)는 처리하지 않은 시료구(I, II)보다 상대적으로 높은 pH를 보였다. 그러나 방사선 조사선량에 따라서는 각 시료구에서 미미한 pH 변화가 감지되었으나 뚜렷한 유의적 차이를 보이진 않았다. 방사선 조사에 따른 pH와 보수력과의 상관관계를 계산하면 대조구, 3 kGy, 7 kGy, 12 kGy 및 18 kGy 시료에서 냉장육은 r(correlation coefficient) = 0.955, 0.950, 0.988, 0.994 및 0.925를 보여 높은 상관관계를 유지하고 있었으나, 냉동육은 0.999, 0.941, 0.859, 0.920 및 0.856을 나타내어 pH 이외에 냉동 변성이 보수력에 일부 영향을 주는 것으로 추정할 수 있었다.

해동감량

해동감량은 냉동육의 해동 시 발생되는 중량의 감소를 말하며 드립 발생이 대표적 감량원인이 된다. 드립의 정도는 고기의 표면적, 냉동방법, 저장조건, 해동방법 및 조리방법 등에 의하여 달리 나타나며 최종 제품의 조직감, 다즙성 등에 영향을 미치게 된다(강 등, 1992). 분쇄냉동우육의 해동감량에 미치는 방사선조사의 영향은 조사선량에 따라 유의적 차이를 나타내지 않았으나 일부 시료구(I, II)에서는 18 kGy에서 해동감량이 많아지는 경향을 보였다. 반면에 소금과 인산염이 첨가된 시료구(III, IV)에서는 방사선조사와 관계없이 해동감량이 2% 미만으로 나타났다 (Table 4).

TBARS

방사선조사된 근육식품은 지방산화가 촉진되고 이취가 발생되는데 지방산화와 이취와는 정의 관계에 있다는 연구결과가 나오고 있다(Salih et al., 1987; Shahidi and Pegg, 1994). Patterson과 Stevenson(1995), Hampson 등(1996) 및 Ahn 등(1999)은 방사선조사된 근육식품의 이취 형성은 방사선조사에 의한 지방산화물과 단백질분해물이 주요 원인

Table 3. pH of irradiated comminuted beef containing different additives

kGy \ Sample	Refrigerated				Frozen			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	[1)]5.57±0.02	5.59±0.08	5.77±0.15	5.79±0.04	5.65^B±0.08	5.70^B±0.14	6.09^A±0.08	6.23^A±0.15
3	5.57±0.02	5.59±0.05	5.74±0.11	5.66±0.19	5.67^B±0.08	5.71^B±0.13	6.11^A±0.01	6.06^A±0.03
7	5.59±0.01	5.60±0.10	5.82±0.03	5.79±0.08	5.64^B±0.01	5.69^B±0.12	6.10^A±0.03	6.07^A±0.02
12	5.59±0.00	5.60±0.03	5.84±0.02	5.82±0.03	5.66^B±0.05	5.73^B±0.11	6.18^A±0.01	6.14^A±0.02
18	5.59±0.04	5.64±0.06	5.82±0.01	5.82±0.02	5.69^B±0.04	5.74^B±0.10	6.16^A±0.10	6.11^A±0.01

[1)] Mean±SD.
[A,B] Different letters within a same row are significantly different in frozen (p<0.05), n=3.
I, II, III, IV : same as Table 1.

Table 4. Drip loss of irradiated comminuted beef containing different additives (unit: %)

kGy \ Sample	I	II	III	IV
0	[1)]14.8^{A}±0.4	11.1^{B} ±2.2	1.4^{C} ±0.7	0.6^{C}±0.4
3	16.0^{A}±2.2	15.3^{A} ±1.8	1.3^{B} ±0.3	1.1^{B}±0.5
7	15.0^{A}±3.2	15.6^{A} ±0.9	1.2^{B} ±0.1	0.1^{B}±0.6
12	16.9^{A}±3.4	9.3^{AB}±7.3	1.7^{BC}±2.4	1.0^{C}±0.2
18	21.0^{A}±1.8	16.7^{AB}±4.3	1.3^{BC}±0.6	0.9^{C}±0.2

[1)] Mean±SD.
[A-C] Different letters within a same row are significantly different in frozen (p<0.05), n=18.
I, II, III, IV : same as Table 1.

인 것으로 추정하고 있으며, Ang과 Lyon(1990)는 hexanal과 pentanal이 TBARS 값과 높은 상관관계를 보여주는 것으로 보고하고 있다. Kim 등(2002)은 근육식품의 종류, 방사선조사선량, 저장기간 및 포장방법에 따라 TBARS 값이 달리 나타나는 것으로 발표하였으며, 쇠고기, 돼지고기 및 칠면조고기의 비교 연구에서 쇠고기에서 가장 높은 TBARS 값을 보인 반면 돼지고기에서는 상대적으로 낮았고, 진공포장육의 경우가 함기포장육의 경우보다 TBARS 값이 유의적으로 낮은 것으로 보고하였다.

본 실험에서는 방사선조사에 의하여 분쇄우육에 첨가한 결착제 및 항산화제가 TBARS 값에 미치는 영향을 살펴보았으며 그 결과를 Table 5에 나타냈다. 냉장육의 경우 방사선조사선량이 증가할수록 TBARS 값이 증가하는 경향을 보였고, 첨가물이 함유된 시료구(II, III, IV)는 방사선조사선량에 관계없이 대조구(I)에 비하여 낮은 TBARS 값을 보였다. 이는 분쇄우육에 첨가된 아질산염 및 아스콜빈산이 방사선조사에 의하여 증가되는 지방산화촉진을 억제하는 효과가 있다는 것으로 보여주고 있다. 냉동육은 냉장육과 약간의 차이를 보여 냉동변성에 의한 육질의 물리적 특성 변화가 TBARS 값에 일부 영향을 미치는 것으로 추정되었다.

색도

육류의 색깔은 소비자가 제품을 구매하는 주요 관능적 지표로써 쇠고기는 적색 또는 선홍색을 선호하고 있으며, 돼지고기는 부위에 따라 약간은 다르나 연한 적색 또는 회백색을 선호하기도 한다(김 등, 1998). 고기의 색은 myoglobin, hemoglobin 및 cytochrome c와 같은 heme pigments에 의하여 주로 결정되는데, 방사선조사는 이러한 육색소의 산화환원반응과 그 구조에 영향을 주어 육색을 변화시키는 것으로 보고하고 있으며(Miller *et al.*, 1995; Ahn *et al.*, 1998; Nanke *et al.*, 1998), Miller 등(1995)은 방사선조삭된 닭가슴살에서 발현되는 핑크색은 carboxy-

Table 5. TBARS values of irradiated comminuted beef containing different additives (unit: mg malonaldehyde/kg)

kGy \ Sample	Refrigerated				Frozen			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	[1)]4.04 ±1.14	2.85^{y} ±0.43	2.72^{z} ±0.44	2.93 ±0.25	4.35 ±1.13	3.27 ±0.86	3.02 ±0.33	3.07^{z} ±0.19
3	4.14^{a}±0.10	3.51^{bxy}±0.45	3.27^{bxy}±0.37	3.05^{b}±0.18	4.26^{A}±0.62	3.03^{B}±0.34	3.10^{B}±0.44	3.23^{Byz}±0.26
7	4.50^{a}±0.31	3.55^{bxy}±0.42	3.34^{bxy}±0.50	2.98^{b}±0.42	4.14 ±0.49	3.25 ±0.39	3.20 ±0.47	3.71^{xy} ±0.14
12	4.30 ±0.98	3.68^{xy} ±0.38	3.58^{y} ±0.45	3.50 ±0.98	3.89^{A}±0.43	3.17^{B}±0.23	3.12^{B}±0.24	3.40^{Bxy}±0.13
18	4.92 ±0.31	4.19^{x} ±0.55	4.37^{x} ±0.16	4.16 ±0.72	3.47 ±0.92	3.35 ±0.31	3.64 ±0.27	3.98^{x} ±0.43

[1)]Mean±SD.
[a,b] Different letters within a same row are significantly different in refrigerated.
[A,B] Different letters within a same row are significantly different in frozen.
[x-z] Different letters within a same column are significantly different (p<0.05), n=3.
I, II, III, IV : same as Table 1.

Table 6. Redness of irradiated comminuted beef containing different additives

kGy \ Sample	Refrigerated				Frozen			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	[1)]11.88 ±1.19	11.49^{z} ±0.63	12.74 ±5.19	18.33 ±4.72	13.65±1.87	16.04±0.83	13.54±2.00	15.15±1.59
3	13.93^{b}±1.91	20.87^{aw}±3.50	22.00^{a}±4.51	24.40^{a}±2.86	13.94±3.11	15.20±2.03	12.83±2.31	15.36±1.16
7	12.40 ±1.58	17.72^{wx}±1.31	17.73 ±6.07	19.46 ±2.27	13.91±2.18	12.62±1.78	13.44±1.14	14.25±1.49
12	13.36 ±2.27	15.79^{xy}±1.76	15.37 ±2.32	16.31 ±2.88	13.78±2.65	12.79±1.47	13.45±2.19	15.59±2.17
18	12.47 ±0.19	13.72^{yz}±1.26	16.59 ±1.94	15.65 ±3.20	13.64±0.95	12.30±1.18	12.96±0.27	13.50±1.12

[1)] Mean±SD.
[a,b] Different letters (a,b) within a same row are significantly different in refrigerated.
[w-z] Different letters (w-z) within a same column are significantly different (p<0.05), n=12.
I, II, III, IV : same as Table 1.

myoglobin 또는 NO-myoglobin이 그리고 Nam과 Ahn (2002)은 CO-myoglobin으로의 구조변형이 주원인인 것으로 추정하고 있어 방사선조사에 의한 육색 변화 기작 등을 통하여 소비자 관능품위 향상에 관한 보다 많은 연구가 필요하다고 생각한다.

Table 6에 분쇄우육의 적색도(a값, redness)에 미치는 방사선조사선량 및 식품첨가물의 영향을 나타냈다. 냉장육인 경우 발색제 및 결착제가 첨가되지 않은 시료구(I)는 방사선조사에 의하여 적색도가 약간 증가하는 경향을 보였다. 그러나 발색제가 첨가된 시료구(II)와 결착제가 첨가된 시료구(III, IV)에서는 3 kGy에서 가장 높은 적색도를 나타낸 이후 7 kGy 이상에서 감소하는 경향을 나타냈는데 특히 시료구 II에서는 유의적 차이를 보였다. 이러한 결과는 분쇄육 제조시 분쇄 및 혼합공정에 의한 산소 유입량, 아질산염의 작용기전, 소금, 인산염 및 아스콜빈산의 복합작용 등에 의하여 신선육(Miller *et al.*, 1995; Nam and Ahn, 2002)과는 다른 방사선조사의 영향을 나타낸 것으로 생각되었다. 냉동육에서는 냉장육과는 달리 방사선조사 및 식품첨가물의 영향에 따른 뚜렷한 경향을 찾을 수 없었는데, 이는 방사선조사에 의하여 생성되는 유리라디칼에 의한 육색소 변화와는 다른 기작인 냉동변성에 의한 육색소의 변화가 주원인이기 때문인 것으로 생각되었다.

관능평가

Table 7은 냄새에 대한 관능특성을 나타낸 것으로 전반적으로 방사선조사 냉장 분쇄우육의 냄새에 대한 패널의 점수는 적당하거나 약간 좋지 않은 것으로 나타났다. 방사선조사된 시료는 조사선량에 관계없이 대조구에 비하여 불쾌취가 심하였으며, 이러한 불쾌취는 식품첨가물에 의하여 일정부분 상쇄되는 것으로 나타났다. 즉, 아스콜빈산이 첨가된 시료구(IV)는 방사선조사에 관계없이 '적당하다'는 점수가 많았으며, 이는 아스콜빈산이 방사선조사취의 제어에 미치는 영향이 크다는 것을 제시하고 있었다. 한편, 방사선조사취에 대한 패널의 의견은 약한 피비린내, 고기누린내, 고기비린내, 역겨운내, 소독약내, 아민취, 산패취, 황냄새, 썩은우유내, 유황내 등으로 표현하고 있으며 방사선조사선량이 클수록 이러한 냄새를 느끼는 패널이 많은 것으로 나타났다. 색깔에 대한 관능평가 결과는 Table 8과 같다. 전반적으로 시료구에 관계없이 3 kGy 방사선조사에서 관능적으로 양호하게 나왔으며 이는 color a값와 유사한 결과를 보였다. 특히, 아스콜빈산이 함유된 시료구 IV에서 색깔에 대한 높은 점수가 나와 아스콜빈산이 방사선조사된 고기의 냄새와 색깔에 미치는 영향에 대한 심도있는 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

Table 7. Sensory evaluations of smell for irradiated comminuted beef containing different additives

kGy \ Sample	I	II	III	IV
0	3.2^{x}	3.8^{x}	3.9^{x}	4.2^{x}
3	2.8^{bx}	2.6^{by}	2.5^{by}	4.4^{ax}
7	2.8^{x}	2.8^{y}	2.7^{y}	3.0^{y}
12	2.5^{bxy}	2.5^{by}	2.2^{by}	3.5^{axy}
18	1.7^{cy}	2.7^{by}	2.6^{by}	4.2^{ax}

$^{a-c}$Different letters within a same row are significantly different in refrigerated.
^{x,y}Different letters within a same column are significantly different (p<0.05), n=18.
I, II, III, IV : same as Table 1.

Table 8. Sensory evaluations of color for irradiated comminuted beef containing different additives

kGy \ Sample	I	II	III	IV
0	4.1^{bxy}	2.6^{cy}	3.2^{cx}	6.0^{ax}
3	3.1^{cy}	4.2^{bx}	3.5^{bcx}	6.0^{ax}
7	4.8^{ax}	2.7^{cy}	2.0^{cy}	3.8^{by}
12	3.5^{ay}	2.5^{by}	1.8^{cy}	3.8^{ay}
18	3.8^{axy}	2.6^{by}	2.1^{by}	2.4^{bz}

$^{a-c}$Different letters within a same row are significantly different in refrigerated.
$^{x-z}$Different letters within a same column are significantly different (p<0.05), n=18.
I, II, III, IV : same as Table 1.

이상의 결과에서 분쇄우육 제조시 가공적성 또는 맛을 개선하기 위하여 사용되는 아질산염, 소금, 인산염 및 아스콜빈산과 같은 식품첨가물은 방사선조사에 의한 미생물 감수성에는 큰 영향을 미치지 않았으나 해동감량, TBARS 값, 관능평가에는 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 단체급식이나 외식용으로 주로 사용하고 있으나 미생물 오염에 쉽게 노출될 수 있는 패티용 분쇄우육에 방사선조사기술을 적용하였을 때 나타나는 미생물 감균효과, 품질특성 및 관능품위에 미치는 영향을 살펴보았다. 방사선조사 직후의 냉장육 초기 미생물은 식품첨가물에 관계없이 10^5 CFU/g 수준이었으나 3 kGy 선량의 방사선조사에 의하여 10^2-10^3 CFU/g 수준으로 감균되었으며, 7 kGy에서는 미생물이 검출되지 않았다. 반면에 -20°C에서 90일 저장한 냉동육의 미생물은 10^3-10^4 CFU/g 수준으로 낮아졌고 3 kGy 이상의 조사선량에서 미생물이 검출되지 않았다. 분쇄우육 제조시 가공적성 또는 맛을 개선하기 위하여 사용되는 아질산염, 소금, 인산염 및 아스콜빈산과 같은 식품첨가물은 미생물의 방사선 감수성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 분쇄우육의 보수력에 미치는 방사선조사의 영향은 크지 않았으며, 방사선조사

와 관계없이 냉장육에 비하여 냉동육의 보수력이 높았는데 pH 변화와 관계가 있는 것으로 생각되었다. 해동감량에 미치는 방사선조사의 영향은 보수력과 마찬가지로 방사선조사선량에 따라 유의적 차이를 나타내지 않았으나 소금과 인산염이 첨가된 시료구에서는 해동감량이 적게 나타났다. 냉장육의 경우 방사선조사선량이 증가할수록 TBARS 값이 증가하는 경향을 보였으나 첨가물이 함유된 시료구는 대조구보다 낮은 TBARS 값을 보였고, 냉동육은 냉동변성에 의한 육질의 물리적 특성 변화가 TBARS 값에 일부 영향을 미치는 것으로 예상되었다. 적색도는 냉장육 대조구의 경우 방사선조사에 의하여 약간 증가하는 경향을 보였으나 식품첨가물이 첨가된 시료구에서는 3 kGy에서 가장 높은 적색도를 보인 이후 7 kGy 이상에서 감소하는 경향을 보였다. 그러나 냉동육은 방사선조사 및 식품첨가물의 영향에 따른 뚜렷한 경향을 찾을 수 없었다. 한편, 냄새 및 색깔에 대한 관능특성을 보면 방사선조사에 의하여 불쾌취가 높았으나 이러한 불쾌취는 아스콜빈산 첨가에 의하여 일정부분 상쇄되는 것으로 나타났다. 색깔의 경우 전반적으로 시료구에 관계없이 3 kGy 방사선조사에서 관능적으로 양호하였으며 이는 적색도와 유사한 결과를 보였다. 특히, 아스콜빈산이 함유된 시료구에서 색깔 및 냄새에 대하여 양호한 점수가 나온 결과에서 방사선조사된 고기의 냄새와 색깔에 미치는 아스콜빈산의 영향에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

감사의 글

본 연구는 한국식품연구원 기관고유사업으로 이루어진 것이며 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ahn, D. U., Jo, C., Du, M., Olson, D. G., and Nam, K. C. (2000) Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Sci.* **56**, 203-209.
2. Ahn, D. U., Jo, C., and Olson, D. G. (2000) Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiate raw pork. *Meat Sci.* **54**, 209-215.
3. Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Chen, X., Wu, C., and Lee, J. I. (1998) Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. *Meat Sci.* **47(1)**, 27-39.
4. Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Love, J., and Jin, S. K. (1999) Volatile production and lipid oxidation in irradiated cooked sausage as related to packaging and storage. *J. Food Sci.* **64**, 226-229.
5. Ang, C. Y. W., and Lyon, B. G. (1990) Evaluation of warmed-over flavor during chill storage of cooked broiler breast, thigh and skin by chemical, instrumental and sensory methods. *J. Food Sci.* **55**, 644-648, 673.
6. Blixt, Y. and Borch, E. (1999) Using an electronic nose for determining the spoilage of vacuum-packaged beef. *Int. J. Food Microbiol.* **46**, 123-134.
7. Braggins, T., Frost, D. A., Agnew, M. P., and Farouk, M. (1999) Evaluation of an electronic nose for use in the meat industry. In: Electronic Nose and Sensor Array Based Systems. Hurst, W. J. (ed), Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, PA, USA, pp. 51-82.
8. Bruce, A. K. (1964) Extraction of the radioresistant factor of *Micrococcus radiodurans*. *Radiot. Res.* **22**, 155.
9. Buege, J. A. and Aust, S. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzymol.* **52**, 302-310.
10. Dickson, J. S. and Maxcy, R. B. (1985) Irradiation of meat for the production of fermented sausage. *J. Food Sci.* **50**, 1007-1009.
11. FDA (1986) Irradiation in the production, processing and handling of food. Food and Drug Administration. *Fed. Reg.* **51**, 13376-13379.
12. Hampson, J. W., Fox, Jr. J. B., Lakritz, L., and Thayer, D. W. (1996) Effect of low dose gamma radiation on lipids in five different meats. *Meat Sci.* **42**, 271-276.
13. Kim, Y. H., Nam, K. C., and Ahn, D. U. (2002) Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species. *Meat Sci.* **61**, 257-265.
14. Kim, Y. H., Nam, K. C., and Ahn, D. U. (2002) Color, oxidation-reduction potential, and gas production of irradiated meats from different animal species. *J. Food Sci.* **67**, 1692-1695.
15. Kwak, H. J. and Kang, L. J. (2000) Irradiation of Korean beef for the improvement of hygienics and quality preservation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**, 363-372.
16. Lefebvre, N., Thibault, C., and Charbonneau, R. (1992) Improvement of shelf- life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 1. Microbial aspects. *Meat Sci.* **32**, 203-213.
17. Mattison, M. L., Kraft, A. A., Olson, D. G., Walker, M. W., Rust, R. E., and James, D. D. (1986) Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora, sensory characteristics and fat stability. *J. Food Sci.* **51**, 284-287.
18. Miller, S. J., Moss, B. W., MacDougall, D. B., and Stevenson, M. H. (1995) The effect of ionizing radiation on the CIE Lab color co-ordinates of chicken breast meat as measured by different instruments. *Int. J. Food Sci Technol.* **30**, 663-674.
19. Nam, K. C. and Ahn, D. U. (2002) Carbon monoxide-heme pigment complexes re responsible for the pink color in irradiated raw turkey brest meat. *Meat Sci.* **60**, 25-33.
20. Nanke, K. E., Sebranek, J. G., and Olson, D. G. (1998) Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef, and turkey. *J. Food Sci.* **63**, 1001-1006.
21. Patterson, R. L. S. and Stevenson, M. H. (1995) Irradiation-induced off-odor in chicken and its possible control. *British Poul. Sci.* **36**, 425-441.
22. Salih, A. M., Smith, D. M., Price, JR., and Dawson, L. E. (1987) Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci.* **66**, 1483-

1488.
23. Shahidi, F. and Pegg, R. B. (1994) Hexanal as an indicator of meat flavor deterioration. *J. Food Lipids* **1**, 177-186.
24. Sweet, D. M. and Moseley, B. E. B. (1976) The resistance of *Micrococcus radiodurans* to killing and mutation by agents which damage DNA. *Mutat. Res.* **34**, 175.
25. Thayer, D. W., Boyd, G., and Jenkins, R. K. (1993) Low dose gamma irradiation and refrigerated storage in vacuo affect microbial flora of fresh pork. *J. Food Sci.* **58**, 717-719, 733.
26. WHO (1981) Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Tech. Rep. 651. World Heath Organization. Geneva
27. WHO (1992) Review of the safety and nutritional adequacy of irradiated food. WHO/HPP/FOS/92.2.
28. Yook, H. S., Kim, S., Lee, K. H., Kim, Y. J., Kim, J. O., and Byun, M. W. (1999) Radurization of the microorganism contaminated in beef. *Korean J. Food Sci. Technol.* **131**, 212-218.
29. 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. (1992) 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사, pp. 113-350.
30. 김병철, 박구부, 성삼경, 이무하, 이성기, 정명성, 주선태, 최양일. (1998) 근육식품의 과학. 선진문화사, pp. 93-164.
31. 변명우, 김동호, 육홍선, 안현주. (2000) 식품과학과 산업. 식품미생물의 방사선 살균. **33**, 58-70.

(2008. 7. 8 접수/2008. 9. 12 수정/2008. 9. 16 채택)