

육제품의 품질개선 및 저장성 확보를 위한 감마선 이용

이주운 · 육홍선 · 김재훈 · 김경표 · 이현자* · 변명우†

한국원자력연구소 방사선식품공학연구팀

*한경대학교 가정학과

Use of Gamma Irradiation for Improving Quality and Assuring Safety of Meat Products

Ju-Woon Lee, Hong-Sun Yook, Jae-Hun Kim, Kyoung-Pyo Kim,
Hyun-Ja Lee* and Myung-Woo Byun†

Team for Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 305-353, Korea

*Dept. of Home Economics, National Hankyong University, Anseong 450-749, Korea

Abstract

This study was conducted in order to evaluate the effect of gamma irradiation on improvement of the quality and safety of meat products. Emulsion-type bologna sausages were manufactured with 3 kGy-gamma irradiated ground beef. Beef patties were also manufactured with the addition of antioxidants (200 ppm, BHA, ascorbyl palmitate, α -tocopherol, or β -carotene) following gamma irradiation of 1.5 or 3 kGy. Bologna sausages could be successfully manufactured with 3 kGy gamma-irradiated ground beef and lower salt content (NaCl of 1.0 or 1.2% and phosphate of 0.2 or 0.3%) without any deteriorative results when compared with the products manufactured with regular salt content (NaCl of 1.5~2.0% and phosphate of 0.4~0.6%). No colony formations of aerobic microorganisms were observed in the sausage with NaCl of 1.2% and phosphate of 0.2 or 0.3% up to 30 days storage at 10°C. No significant differences appeared in the TBA values among all the sausages during storage for 30 days. No colonies of aerobic microorganisms were observed in the 3 kGy irradiated patty. Lipid oxidation of the beef patties was inhibited by the addition of an antioxidant.

Key words: low salty sausage, beef patty, antioxidant, shelf life, gamma irradiation

서 론

육제품 제조에서 필수적으로 사용되는 소금은 제품의 맛과 풍미를 증진시키고 제품에 보존성을 부여하며 또한 육단백질의 일부인 염용성 단백질의 용출을 쉽게하여 육제품의 조직을 형성시키는데 매우 큰 역할을 한다(1). 그러나, 높은 소금 함량을 가진 식품이 건강상의 문제로 점차 외면받고 있으며, 특히 고혈압과 같은 순환기 질환 환자에게는 금기시되고 있다(2,3). 또한 선진국에서는 이미 인산염을 줄이기 위한 많은 연구가 진행되어 왔으며(4), 인산염이 첨가된 소시지에는 반드시 명시하게 되어있다. 일반적으로 유화형 소시지의 제조에 소금은 1.5~2.0%, 인산염은 0.4~0.6% 정도가 첨가되는데, 소금과 인산염의 함량을 줄여서 유화형 소시지를 제조할 경우 최종 제품의 수율이 낮아지고 유화가 불안정한 상태로 제조된 완제품을 얻게 되기 때문에 소금과 인산염의 함량을 줄이는

것에는 한계가 있다(5-7). 그러므로 높은 보수력을 얻기 위해 대두단백분, gum류 등의 증량제를 첨가하여 소시지를 제조하여 왔으나, 이러한 증량제들의 사용은 결국 소시지의 품질을 낮추는 결과를 가져왔다.

분쇄육제품의 경우, 1차 가열 후 또는 가열 처리하지 않은 최종제품을 냉장유통하기 위해서는 미생물의 생장을 억제해야 할 뿐만 아니라 지방산패도 억제하여야 한다. 지방산패를 억제시키기 위해 기존 제품들은 인공 향산화제인 butylated hydroxyanisole(BHA)나 butylated hydroxytoluene(BHT) 등을 사용하여 왔으나(8), 인공 향산화제의 사용은 소비자들에게 점차 외면되고 있는 실정으로 그 사용이 감소되고 있다(9).

본 연구에서는 3 kGy 정도의 감마선 조사가 육단백질 용해성을 증가시키고 유화에 관여하는 myosin 등 염용성 단백질의 구조를 변화시켜 표면소수성을 증가시킨다는 전보의 연구결과(10)를 활용, 감마선 조사로 원료육의 가

†To whom all correspondence should be addressed

공학적 특성을 개선하여 염용성 단백질의 용출과 유화에 필요한 소금과 인산염의 농도를 기존의 사용량보다 낮은 조건하에서도 유화안정성 등 품질의 손상없이 기존 제조 방법에 의해 제조된 제품과 차이가 없으며, 미생물학적 안전성을 확보하여 장기저장, 유통이 가능한 유향형 소시지인 bologna sausage의 제조 실험과 또한 감마선이 우수한 미생물 사멸효과를 가지고 있음을 착안하여 감마선 조사와 천연항산화제의 병용 처리에 의한 최종 제품의 미생물학적 안전성의 확보와 지방산패의 억제를 통한 대표적인 분쇄육제품인 햄버거 패티의 위생과 영양적 안전성을 개선시키는 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

시료선택

도축 후 에냉이 끝난 우육의 사태부위(muscle(M), *Sem-itenidosus*)를 구입하여 과도한 표면지방을 제거한 후 지름 3mm hole plate가 장착된 만육기에서 만육하고, 표면색이 우윳빛이고 이취가 없는 돼지 등지방을 구입하여 같은 방법으로 만육한 후 bologna sausage와 햄버거 패티의 제조 원료육으로 사용하였다.

Bologna sausage의 제조

Bologna sausage는 Table 1의 배합비를 사용하여 제조하였다. 육단백질의 변화에서 얻은 연구결과를 활용하여 가공적성과 미생물 사멸 최적선량을 고려하여 만육된 우육을 3 kGy의 감마선 조사선량으로 조사시켰다(10-12). 감마선 조사된 육을 세절기에 넣고 낮은 속도로 세절하면서 소금과 인산염을 첨가하였다. 소금의 농도를 1.0%와 1.2%로 준비하고 인산염의 농도를 0.2%와 0.3%로 준비하여 4개의 처리구를 준비하였다. 1분간 혼합세절한 다음 준비된 얼음의 50%를 첨가하고 고속으로 세절을 실시하였다. 세절기의 온도가 0°C 정도까지 내려갔을 때 만육된 돼지 등지방을 첨가하였다. 세절기의 온도가 10°C에 도달했을 때 나머지 얼음을 첨가하여 계속 세절하면서 첨가 및 향신료를 첨가하고 세절기 내부의 온도가 13°C에 도달했을 때 유화를 종결시켰다. 이때 소요된 시간은 약 8분 정도이고 작업장의 온도는 18°C였다. 최종제품의 유화안정성을 평가하기 위하여 일반적인 비투과성 casing 대신 고기유화물을 수분 투과성이 있는 직경 5cm의 fibrous casing에 충전한 후 각각의 무게를 측정한다. 다음, 내부온도가 85°C로 고정된 오븐에 걸고 제품의 중심 온도가 70°C가 될 때까지 가열처리를 실시하였다. 가열에 소요된 시간은 약 40분이 소요되었다. 가열 처리가 끝난 제품에 찬물로 분무하여 냉각시킨 다음 표면의 수분을 건조시켰다. 건조가 끝난 제품을 10°C 냉장고에 걸고 다음 실험을 실시하였다. 비교구로서는 비조사된 쇠고기와 1.5%

Table 1. Formulas for Bologna sausage and beef patty manufacture

	Materials	Composition (%)
Bologna sausage	Beef	60
	Pork back fat	20
	Iced water	20
	NaCl ¹⁾	1.0 or 1.2
	Phosphate ¹⁾	0.2 or 0.3
	Ascorbic acid ¹⁾	0.01
Beef patty	Spice mix ¹⁾	0.5
	Raw meat	87
	Beef	72
	Pork back fat	15
	Iced water	3
	Seasoning	10
	Antioxidants ²⁾	-
	Control ³⁾	-
	BHA	200 ppm
	Ascorbyl palmitate	200 ppm
α-Tocopherol	200 ppm	
β-Carotene	200 ppm	

¹⁾Contents of additives were calculated as percentage of total sum of meat and water.

²⁾200 ppm of antioxidant was added to total weight.

³⁾Control was manufactured without any antioxidant.

의 소금과 0.3%의 인산염을 첨가하여 동일한 조건으로 소시지를 제조하였다.

햄버거 패티의 제조

햄버거 패티를 만들기 위한 원료배합비는 Table 1에 나타냈다. 원료육과 소금, 인산염, 그리고 얼음을 혼합기에 넣고 3분간 혼합한 후 향신료와 항산화제를 첨가한 후 다시 6분간 혼합하였다. 혼합시 작업실의 온도는 18°C였으며, 패티용 고기혼합물의 온도는 15°C를 넘지 않았다. 혼합이 끝난 후 고기혼합물의 무게를 150g으로 각각 나누는 후 두께가 1cm 정도 되게 원형틀을 이용하여 성형하였다. 성형이 끝난 제품을 180°C로 고정된 오븐에 넣어 중심온도가 70°C가 될 때까지 가열 처리를 실시하였다. 가열시간은 26분이 소요되었다. 가열이 끝난 패티를 상온에서 방냉한 후 내부온도가 18°C 정도 되었을 때 미리 멸균된 진공포장지에 넣고 진공포장한 후 1.5 kGy와 3 kGy의 최종 흡수선량을 받도록 감마선 조사를 실시하였다. 감마선 조사가 끝난 시료들은 10°C 냉장고로 옮긴 후 저장하였다. 본 연구에 사용된 항산화제는 BHA, ascorbyl palmitate(AP), α-tocopherol(TOC), β-carotene(CAR)로 Sigma Chemical Co.(St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 혼합원료(고기혼합물) 무게에 대해 200 ppm을 첨가하였다.

감마선 조사

감마선 조사는 Co-60을 선원으로 하여 시간당 3 kGy

의 선량율로서 시료가 0, 1.5, 3 kGy의 흡수선량을 받도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter를 사용하였고 흡수선량의 오차는 ± 0.2 kGy였다. 이때 조사실의 온도는 10°C였다.

Bologna sausage의 유화 안정성, 색도, 관능평가 및 물성측정

Casing에 충전 후 가열처리 전 시료의 중량을 측정 한 후 가열처리가 끝나고 냉각된 소시지의 표면이 건조되었을 때 중량을 측정하여 유화 안정성을 평가하였다.

Bologna sausage의 색도는 color/color difference meter (ND-1001 NP, I & T Co. Ltd., Japan)를 사용하여 Hunter 색차계의 명도(L, lightness), 적색도(a, redness) 및 황색도(b, yellowness)를 5회 반복 측정하여 평균값을 얻었다. 이때 사용된 표준 백판의 L, a, b값은 90.6, 0.4 및 3.3이었다.

Li 등(13)의 방법을 사용하여 bologna sausage에 대한 짠맛(saltiness), 풍미(flavor), 이취(off flavor), 전체적인 기호도(overall acceptance)를 평가하였다. 평가는 5점 평가법(1, 매우 약함/매우 나쁨; 2, 약함/나쁨; 3, 보통; 4, 강함/좋음; 5, 매우 강함/매우 좋음)을 사용하여 3회 측정된 값을 Duncan의 다중검정법으로 통계처리하였다.

Bologna sausage의 물성학적 특성을 조사하기 위해 Claus 등(4)의 방법에 의해 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 측정하였다. 8개의 시료에 대하여 8번의 반복 측정을 실시하여 그 평균값으로 나타내었다. 직경 5.0cm, 두께 2.0cm로 소시지를 절단한 후 높이의 75%를 수직으로 압착하여 견고성, 부서짐성과 탄성을 측정하였으며, 높이의 50%를 2회 반복 압착하여 응집성을 측정하였다.

미생물 검사

Dymysa 등(14)의 방법을 변형하여 미생물 검사를 실시하였다. 무균적으로 10g의 분석시료를 취해 미생물용 멸균팩(Steril 500, Seward, England)에 넣고 멸균생리식염수 90ml를 가하고 stomacher(BA 7021, Seward, England)에서 2분간 균질한 후 그 여액을 희석하여 멸균된 일 반평판배지에 접종한 후 37°C에서 24~36시간 배양한 후 생성된 균락의 수를 시료 1g당 균락형성단위(CFU/g)으로 나타내었다. 미생물 검사는 저장 30일째까지 실시하였다.

2-Thiobarbituric acid(TBA) values

Turner 등(15)의 방법을 사용하여 소시지와 햄버거 패티의 TBA 값을 측정하였다. 시료 1g에 20% TCA 용액(trichloroacetic acid in 2M phosphoric acid) 5ml과 0.01 M TBA용액 10ml을 가한 후 균질하고 30분 동안 끓는

물에 증탕 가열한 후 10분 동안 얼음물에서 냉각시켰다. Iso-amyl alcohol-pyridine(2:1)을 15ml 첨가한 후 2분 동안 잘 섞어 준 후, 2400rpm에서 15분 동안 원심분리를 실시하였다. 상등액의 흡광도를 파장이 538nm로 고정된 spectrophotometer(UV 1600 PC, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)에서 측정하였다.

통계적 분석

위 실험에서 얻어진 모든 결과는 SAS programme의 limited standard deviation법과 Duncan의 T-test법과 multiple range test법을 사용하여 통계적 유의성을 분석하였다(16).

결과 및 고찰

Bologna sausage의 유화 안정성, 색도, 관능평가 및 물성측정 결과

감마선 조사된 우육으로 제조된 bologna sausage의 가열감량, 색도, 관능평가 및 물성측정 결과는 Table 2와 같다. 가열감량을 측정하여 육제품의 유화 안정성을 평가하는 지표로서 사용된다(17). 감마선 조사 및 비조사 쇠고기로 제조된 유화형 소시지의 가열감량은 모든 시험구에서 4~5%로 각 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 3 kGy 조사된 육으로 제조된 유화형 소시지의 Hunter's color값은 소금 1.2%와, 인산염 0.2%의 첨가구에서 가장 높은 명도, 적색도, 황색도값을 나타냈다. 이 결과는 Colmenero 등(17)의 연구에서 1.2~1.3% 소금과 0.2~0.4%의 인산염을 함유한 bologna sausage에서 바람직한 색택을 얻을 수 있었다는 보고와 일치하고 있지만, 본 연구에서는 처리구간 큰 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 조직감에 있어서는 3 kGy 감마선 조사된 육으로 제조된 소시지는 비조사 육으로 일반적 방법에 의해 제조된 소시지에 비해 경도, 부서짐성, 탄성 및 응집성이 다소 낮은 값을 보였으나 소금과 인산염의 첨가량을 달리한 시험구 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2). 관능평가에서는 다른 처리구들에 비해 비조사 육으로 일반적 방법에 의해 제조된 소시지 즉 비교구에서 높은 짠맛을 나타냈고, 풍미는 비교구와 1.2%의 소금을 첨가한 처리구에서 높은 평점을 나타내었고, 1% 소금 첨가구에서는 약한 이취를 느낄 수 있었다(7).

Bologna sausage의 저장성 평가

비조사육으로 일반적 방법에 의해 제조된 소시지와 3 kGy 조사된 육으로 소금과 인산염의 농도를 달리하여 제조한 소시지를 10°C에서 저장 동안 미생물의 생육양상을 조사하였을 때, 감마선 조사된 우육으로 제조한 소시지에서는 저장 15일째까지 미생물 생장이 발견되지 않았다

(Table 3). 그리고, 감마선 조사된 우육과 1.2%의 소금을 첨가한 처리구에서는 저장 30일까지 미생물 생장이 발견되지 않았다. 그러나, 비교구에서 저장 30일째 미생물의 생장은 4.3×10^8 CFU/g에 달해 이미 소시지의 상품가치

Table 2. Evaluation of color, texture and palatability of bologna sausages manufactured with beef gamma-irradiated at 3 kGy and different sodium salts contents

Evaluation	Standard ¹⁾	Concentration of salts(%)				
		1.0 ²⁾		1.2 ²⁾		
		0.2 ³⁾	0.3 ³⁾	0.2 ³⁾	0.3 ³⁾	
Emulsion stability(%) ⁴⁾	96.82	95.42	96.83	96.55	96.79	
Hunter's Color value	Lightness	68.34	67.28	67.48	68.53	67.21
	Redness	12.13	11.62	11.61	12.01	11.48
	Yellowness	7.62	7.28	7.31	7.65	7.34
Texture	Hardness(kgf)	17.64	17.63	17.72	17.05	17.14
	Fracturability(cm)	8.15	7.84	8.02	8.11	8.05
	Elasticity(ratio)	8.66	8.17	7.42	8.31	8.54
	Cohesiveness(ratio)	6.19	5.32	5.56	5.95	5.86
Palatability ⁵⁾	Saltiness	4.58 ^{A6)}	3.34 ^B	3.41 ^B	3.64 ^B	3.89 ^B
	Flavor	4.27 ^A	3.02 ^B	3.16 ^B	4.15 ^A	4.21 ^A
	Off flavor	1.26 ^A	2.35 ^B	2.27 ^B	1.35 ^A	1.36 ^A
	Total acceptability	3.48 ^A	3.52 ^A	4.03 ^B	4.46 ^B	4.27 ^B

¹⁾Standard is manufactured with non-irradiated beef, 1.5% NaCl and 0.3% phosphate.

²⁾and ³⁾indicate contents of NaCl and phosphate, respectively.

⁴⁾Cooking yield is the rate of weight of bologna sausage after cooking and cooling to pre-cooking.

⁵⁾Palatability indicates 1(very weak/very bad) to 5(very strong/very good) scored from panel tests.

⁶⁾A and B means with same letters are not significantly different(p<0.05).

Table 3. Number of viable cells in bologna sausage manufactured with 3 kGy-gamma irradiated beef and different salt contents(%), and in beef patty contained with an antioxidant during storage at 10°C (CFU/g)

	NaCl	Phosphate	Storage period (day)		
			0	15	30
			Bologna sausage	1.0	0.2 0.3
	1.2	0.2 0.3	ND ND	ND ND	ND ND
	Standard ¹⁾		5.2×10^1	1.9×10^4	4.3×10^8
	Antioxidant	Irradiation dose (kGy)	Storage period (day)		
			0	15	30
			Beef patty	Control	0 1.5 3
	BHA	0 1.5 3	3.1×10^2 1.5×10^1 ND	2.9×10^5 1.5×10^2 ND	2.2×10^9 5.2×10^3 ND
	Ascorbyl palmitate	0 1.5 3	ND ND ND	6.6×10^4 4.2×10^1 ND	5.2×10^8 1.3×10^3 ND
	Tocopherol	0 1.5 3	7.2×10^0 ND ND	4.9×10^4 2.0×10^1 ND	3.1×10^8 2.1×10^3 N.D.
	Carotene	0 1.5 3	ND ND ND	2.4×10^4 ND ND	4.1×10^8 9.1×10^3 ND

¹⁾Standard is bologna sausage produced with non-irradiated beef, NaCl of 1.5% and sodium tripolyphosphate of 0.3%.

²⁾ND indicates non detected.

가 없음을 나타내고 있다. 대부분의 그람음성균은 열처리에서 사멸된다. 열처리 후 생존하는 미생물은 그람양성균이나 내열성 세균들이지만, 간혹 불충분한 열처리에 의해 그람음성균이 생존할 수도 있다. Olson(18)은 3 kGy의 조사선량에서 대부분의 그람음성 세균은 사멸된다고 보고하였다. 육제품에 존재하는 미생물은 그 기원에 따라 다양하지만 대부분 원료에서 유래되는 것이 일반적이다. 원료육의 초기 미생물 오염 수준이 중요한 것은 바로 이 때문이다. 방부제나 보존제의 첨가 없이 육제품을 제조할 경우 국내에서 생산된 제품의 저장 기간은 15일을 넘지 못한다. 또한 소금의 함량을 줄이면 상대적으로 저장성이 약화된다. 그러나 소금의 높은 함량은 소비자들에게 육제품의 구매력을 감소시키는 요인으로 작용한다. 따라서, 미생물학적 측면에서 방사선처리를 하였을 경우 낮은 소금함량에도 불구하고 저장기간이 연장됨을 알 수 있었다.

햄버거 패티의 저장성 평가

햄버거 패티 제조직후 초기 미생물 오염도는 가공 중의 가열 처리 공정에 의하여 미생물 오염수준이 TOC와 BHA 처리구에서 7.2부터 3.1 CFU g⁻¹ 수준이었고, AP와 CAR 처리구에서는 미생물 생장이 발견되지 않았다 (Table 3). 저장하는 동안 비조사구와 1.5 kGy 조사구에

서 미생물 생장이 관찰되었으나, 저장 30일째까지 3 kGy 처리구에서는 미생물 생장이 관찰되지 않았다. 이 결과는 Murano 등(19)이 보고한 결과와 일치하였다. BHA를 첨가한 처리구에서 보다 천연항산화제 처리구가 0.5~1 log cycle 낮은 미생물 생육을 나타냈다. 이 이유는 BHA가 감마선 조사에 의해 생성되는 활성 유리기들에 대한 매우 강한 소거작용으로 활성 유리기들에 의해 야기되는 간접 살균효과를 저해하는 것으로 판단된다. 미생물 생장에 대한 항산화제와 감마선 조사 병용 처리에서 AP와 TOC를 함유한 처리구가 다른 처리구에서 보다 더 높은 미생물 생육억제효과를 나타냈다.

TBA value

제품 제조시부터 발생하는 지방산패는 식육 및 가열육 제품의 품질을 손상시키는 주요한 요인이다. 이러한 지방산패를 억제시키기 위하여 항산화제를 첨가하여 산패를 억제시키는 연구가 진행되어왔다(19-21). Table 4는 10°C에서 냉장하는 동안 소시지와 햄버거 패티의 TBA값 변화를 나타냈다.

Bologna sausage의 경우 저장 초기에 1.2% 소금 처리구에서 TBA값이 다른 처리구들보다 약간 높았으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다(p>0.05). 저장 15일째, 1.2

Table 4. TBA values(OD values at 538nm) of bologna sausages manufactured with 3 kGy-gamma irradiated beef and different salts contents(%), and beef patty contained with an antioxidant during storage at 10°C

	NaCl	Phosphate	Storage period (day)		
			0	15	30
Bologna sausage	1.0	0.2	0.106 ²⁾	0.121	0.147
		0.3	0.104	0.121	0.144
	1.2	0.2	0.113	0.128	0.146
		0.3	0.114	0.127	0.152
		Standard ¹⁾	0.101	0.117	0.145
	Antioxidant	Irradiation dose (kGy)	Storage period (day)		
			0	15	30
Beef patty	Control	0	0.189 ²⁾	0.232	0.297
		1.5	0.201	0.259	0.336
		3	0.205	0.277	0.359
	BHA	0	0.165	0.183	0.194
		1.5	0.179	0.213	0.248
		3	0.191	0.237	0.255
	Ascorbyl palmitate	0	0.172	0.192	0.217
		1.5	0.181	0.221	0.249
		3	0.186	0.229	0.252
	Tocopherol	0	0.176	0.201	0.228
		1.5	0.194	0.237	0.263
		3	0.202	0.256	0.287
Carotene	0	0.174	0.221	0.247	
	1.5	0.191	0.253	0.286	
	3	0.198	0.266	0.303	

¹⁾Standard indicates bologna sausage produced with non-irradiated beef, NaCl of 1.5% and sodium tripolyphosphate of 0.3%.

²⁾The results were recognized at significant differences of p<0.05.

% 소금 처리구에서 가장 높은 TBA값을 나타냈고 저장 30일째 모든 처리구에서 TBA값은 1.44에서 1.52의 범위를 나타냈으나, 처리구간 유의성은 발견되지 않았다. 감마선 조사에 의한 산화는 높은 이온화에너지를 가진 이온화된 유리기들에 의해 생성되므로 산화는 조사선량에 의존한다(22). 본 연구에서도 통계적 유의성은 인정되지는 않지만 지방산화가 방사선 조사된 육으로 제조된 소시지에서 더 많이 일어나는 것으로 나타났으나, Hampson 등(23)은 10 kGy 이내에서의 방사선 조사는 지방 산패에 크게 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

햄버거 패티의 지방 산패 수준은 감마선 조사선량이 증가함에 따라서 높아지는 경향을 보였고, 저장 기간이 경과함에 따라 산패 정도도 증가하는 일반적인 산패진행 과정을 나타내었다(Table 4). 햄버거 패티에서 항산화제의 첨가에 의한 산패 억제 정도는 BHA>AP>TOC>CAR의 순서로 억제 정도의 차이를 나타내었고, 감마선 조사 시 이들 항산화제의 첨가로 햄버거 패티의 지방산패를 억제할 수 있었다. 일반적으로 알려진 천연 항산화제인 CAR은 최종제품에 고유의 노란색을 부여하고, 가열처리에서 발생하는 육즙(가열감량)과 함께 제품 외부로 빠져 나오는 것이 관찰되었다. 이에 따라 CAR의 사용은 제품의 고유한 색택에 영향을 주기 때문에 사용이 신중하게 고려되어야 할 것이다. 본 실험에서 천연 항산화제의 첨가는 200ppm을 사용하여도 제품의 지방산패 억제효과가 큰 것으로 나타났다(9,22). 본 연구에 사용된 천연 항산화제들 중 TOC가 다른 연구 보고에서와 같이 인공 항산화제의 대체물질로서 지방 산패를 억제시키는 항산화제로서 매우 바람직하다고 판단된다(8,24).

결론적으로, 방사선 조사에 의한 단백질 용해성의 증가와 유효력의 상승 효과는 다른 배합형태를 같은 유효형 소시지에도 똑같이 적용할 수 있다. 현재 생산되는 다양한 분쇄형 소시지나 프레스햄류, 김밥햄 등과 같은 고기유화물을 최종제품에 일정량 이상 혼합하는 경우 만육에 대한 방사선 조사 뿐만 아니라 덩어리육에 대한 방사선 조사를 병행하여 실시하면 제품의 가공적성을 증진시키고 부패 및 병원성 미생물에 대한 위생학적 안전성을 보장받을 수 있다. 또한, 현재 국내에서 생산되고 있는 분쇄육가공품들에 대한 방사선 조사와 천연항산화제의 병용 처리는 제품의 저장수명을 연장하고, 불충분한 살균처리로서 최종제품에 생존되어 성장할 수 있는 *E. coli* O157:H7 등과 같은 병원성 미생물들에 의한 식중독 방지 등 위생적, 영양적으로 안전성을 보장받을 수 있어서, 국민보건향상과 육가공 산업체의 생산성 향상에 크게 기여할 것이다.

요 약

육제품의 품질 개선을 위한 감마선 조사의 효과를 평가하기 위하여, 감마선 조사된 우육을 이용하여 유효형

소시지(bologna sausage)를 제조하였고, 항산화제와 감마선 조사를 병용처리하여 재구성 육제품인 햄버거 패티를 제조하였다. 3 kGy의 감마선 조사를 이용하여 기존의 첨가량에 비해 낮은 함량의 소금(1.2%)과 인산염(0.2~0.3%)을 함유한 bologna sausage를 제조할 수 있었다. 또한, 3 kGy의 감마선을 이용하여 bologna sausage의 저장성에 있어서도 10°C에서 30일 저장까지 어떠한 호기성 미생물의 생육도 검출되지 않았다. 햄버거 패티 제조시 BHA, ascorbyl palmitate, α -tocopherol, β -carotene을 200ppm 수준으로 첨가하여 제조된 최종제품에서 3 kGy의 감마선 조사는 10°C에서 저장 30일째까지 호기성 미생물의 생육이 발견되지 않았으며, 항산화제의 첨가로 감마선 조사에 의한 햄버거 패티의 지방산패를 억제시킬 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Bechtel, P. J.: *Muscle as food*. Academic press, Inc., New York, pp.123-137(1986)
2. U. S. Senate Select Committee on Nutrition and Human Needs: *Dietary Goals for the United States*. 2nd ed., Washington, D.C., USA(1977)
3. USDA and USDHHS: *Nutrition and your health: dietary guidelines for Americans*, 2nd ed., Home and Garden Bull. No. 232, Washington, D.C., USA(1985)
4. Claus, J. R., Hunt, M. C., Kastner, C. L. and Kropf, D. H.: Low-fat, high-added water bologna: Effects of massaging, preblending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. *J. Food Sci.*, **55**, 338-341, 345(1990)
5. Hand, L. W., Hollingsworth, C. A., Calkins, C. R. and Mandigo, R. W.: Effects of preblending, reduced fat and salt levels on frankfurter characteristics. *J. Food Sci.*, **52**, 1149-1151(1987)
6. Puolanne, E. J. and Terrell, R. N.: Effects of salt levels in prerigor blends and cooked sausage on water binding, released fat and pH. *J. Food Sci.*, **48**, 1022-1025(1983)
7. Whiting, R. C.: Stability and gel strength of frankfurter batters made with reduced NaCl. *J. Food Sci.*, **49**, 1350-1354(1984)
8. Giese, J.: Antioxidants: Tools for preventing lipid oxidation. *Food Technol.*, **50**, 73-81(1996)
9. Lee, K. H., Yook, H. S., Lee, J. W., Lee, H. J. and Byun, M. W.: Effects of antioxidants on oxidation of lard induced by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 1047-1052(1998)
10. Kim, D. J., Lee, J. W., Yook, H. S. and Byun, M. W.: Effect of gamma irradiation on glycolysis, ATP-disappearance, and proteins on beef. *Food Sci. Biotechnol.*, **8**, 19-24(1999)
11. Taub, I. A., Robbins, F. M., Simic, M. G., Walker, J. E.

- and Wierbick, E. : Effect of irradiation on meat proteins. *Food Technol.*, May, 184-188(1979)
12. Lucht, L., Blank, G. and Borsa, J. : Recovery of foodborne microorganisms from potentially lethal radiation damage. *J. Food Prot.*, **61**, 586-590(1998)
 13. Li, R., Carpenter, J. A. and Cheney, R. : Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with mechanically separated poultry (MSP) meat and wheat protein. *J. Food Sci.*, **63**, 923-927(1998)
 14. Dymysza, H. A., Lee, C. M., Saibu, L. O., Haun, J., Silverman, G. L. and Josephson, E. S. : Gamma irradiation effects on shelf life and gel forming properties of washed red hake (*Urophycis chuss*) fish mince. *J. Food Sci.*, **55**, 1745-1748(1990)
 15. Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Bessert, M. W., Struck, G. M. and Olson, F. C. : Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technol.*, **8**, 326-330(1954)
 16. Statistical Analysis System : *User's Guide: Statistics*. Version 6.03 edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA (1988)
 17. Colmenero, F. J., Carrascosa, A. V., Barreto, G., Fernandez, P. and Carballo, J. : Chopping temperature effects on the characteristics and chilled storage of low- and high-fat pork sausages. *Meat Sci.*, **44**, 1-9(1996)
 18. Olson, D. G. : Irradiation of food. *Food Technol.*, **52**, 56-62(1998)
 19. Murano, A., Kerry, J. P., Buckley, J. and Gray, I. : The antioxidative properties of rosemary oleoresin and inhibition of off-flavors in precooked roast beef slices. *J. Sci. Food Agric.*, **77**, 235-239(1998)
 20. Pearson, A. M., Love, J. D. and Shorland, F. B. : Waemed-over flavor in meat, poultry and fish. *Adv. Food Res.*, **23**, 1-74(1977)
 21. Lee, B. J., Hendricks, D. G. and Cornforth, D. P. : Antioxidant effects of carnosine and phytic acid in a model beef system. *J. Food Sci.*, **63**, 394-399(1998)
 22. Yook, H. S., Lee, K. H., Lee, J. W., Kang, K. O. and Byun, M. W. : Effect of gamma irradiation on lipid oxidation of Korean beef. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 1179-1182(1998)
 23. Hampson, J. W., Fox, J. B., Lakritz, L. and Thayer, D. W. : Effect of low dose gamma irradiation on lipids in five different meats. *Meat Sci.*, **42**, 271-276(1996)
 24. Dapkevicius, A., Venskutonis, R., van Beek, T. A. and Linssen, J. P. H. : Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *J. Sci. Food Agric.*, **77**, 140-146(1998)

(1999년 3월 31일 접수)