

감마선 조사된 천연케이싱으로 제조한 소시지의 저장안정성

- 연구노트 -

이주은 · 조철훈 · 육홍선 · 임한중* · 변명우†

한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학기술개발팀

*농협중앙회 식육교육센터

Shelf Stability of Sausages Manufactured with Gamma-Irradiated Natural Casing

Ju-Woon Lee, Cheorun Jo, Hong-Sun Yook, Han-Jong Lim* and Myung-Woo Byun†

Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 305-600, Korea

*Meat Academy, National Agricultural Cooperative Federation, Ansong 456-820, Korea

Abstract

We gamma-irradiated to natural casings from lamb and pork to improve sanitary quality and microbiological shelf stability of sausage stuffed in animal intestine-induced natural casing from lamb and pork. The microbial changes of irradiated casings and the microbial growth of the sausages with gamma-irradiated natural casings were observed. Population of total aerobic bacteria was decreased by gamma irradiation, dependent upon the irradiation dose. The number of microflora in lamb and pork casings was reduced by about 5.5 log cycle at 5 kGy. Population of total aerobic bacteria of sausages stuffed in non-irradiated lamb and pork casing was about 3.6 log CFU/g after just manufacture and was about 7 log after 10 day storage. However, population of total aerobic bacteria of sausages with 3 kGy-irradiated and 5 kGy-irradiated casings was 2.48 and 0.32 log in lamb, and 2.78 and 0.60 log in pork, respectively. Gamma irradiation to animal intestine-induced natural casings was effective and thus, can be used for enhancing shelf life of final products due to reduction of the number of contaminated microflora.

Key words: natural casing, gamma irradiation, white sausage, decontamination, shelf stability

서 론

소시지는 양념된 고기혼합물을 동물의 소화장기(위, 소장, 대장, 방광 등)를 이용한 천연장(natural casing)이나 젤라틴이나 셀룰로우스 등으로 만든 인조 케이싱에 충전하여 가열 처리한 육제품으로서 전세계적으로 그 제조법에 따라 수천 종이 있다. 육가공산업의 발달과 소비 증가로 인해 제품의 대량생산에서는 일정한 규격을 갖는 인조 casing이 많이 쓰이고 있다(1). 그러나 식생활 고급화에 따른 천연식품의 요구와 천연장이 부여하는 독특한 풍미로 인하여 천연장으로 제조한 소시지의 수요가 점차 증가하고 있으며 차별화된 시장을 형성하고 있지만, 원료 특성상 동물의 장을 이용하기 때문에 장내 미생물에 오염되어 있기 쉬워 최종제품의 저장성을 약화시키는 단점이 있다(2). 천연장의 미생물 오염도를 줄이기 위해 유기산이나 알콜, 알칼리와 같은 화학적 방법의 사용과 60°C의 물에 돈장(pork intestine casing)을 살균하는 기술(3)이 보고되었으나, 잔류독성의 문제나 천연장의 물리적 성질을 저하시키는 문제를 야기하여 그 적용이 국한되고

있다(4).

한편, 방사선 식품조사는 부패균과 식중독균을 억제하여 식품의 저장성 및 위생을 개선하는 적절한 식품처리기술(5)로서 국제기구(FAO/WHO/IAEA)와 선진 여러 나라에서 이미 그 건전성과 경제성이 공인되어 각국 보건당국에 의해 사용이 허가되어 있으며(6), 특히 미국 FDA와 USDA의 식육에 대한 방사선 처리 허가를 기점으로 세계적으로 그 이용이 증가될 것으로 예상된다. 최근, 감마선 조사기술을 이용한 육제품의 위생화 및 저장성 연장 연구에서 Byun 등(7)은 가열처리된 염지육에 대한 감마선 조사가 육제품의 미생물학적 안전성을 확보하는데 매우 효과적이라고 보고하였고, Lee 등(8)은 육가공 부재료인 향신료 등에 대한 감마선 조사로 육제품의 저장성이 향상되었다고 보고하였다. 최종 제품에 대한 감마선 조사가 육제품의 지방산패 등을 촉진시키기 때문에(9), 미생물 오염도가 비교적 높은 부원료에 대한 감마선 조사가 최종제품의 저장성 향상에 미치는 효과에 대한 연구가 다양한 시료에 대해 실시되어야 한다.

본 연구는 천연장 소시지의 위생성과 미생물학적 저장 안

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@nanum.kaeri.re.kr
Phone 82-42-868-8065, Fax: 82-42-868-8043

전성 개선의 일환으로 시판 천연장에 감마선을 조사하여 미생물의 변화를 관찰하여 보다 위생적이고 고품질의 소시지를 제조하기 위한 기초자료를 확보하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

재료

천연장은 소시지 충전용으로 소금에 염장되어 반진조 상태인 돈장(φ2.2 cm)과 양장(φ1.1 cm)을 구입하여 본 실험에 사용하였다. 소시지 제조용 원료육과 지방은 도축 후 사후경직이 끝난 돼지의 앞다리살과 등지방을 각각 구입하여 사용하였다.

감마선 조사

천연장에 대한 감마선 조사는 먼저 케이싱에 오염된 미생물의 감마선 사멸효과를 시험하기 위해 케이싱 중 일부를 무작위로 선별하여 각각 3 hank(90 cm/hank)씩을 멸균된 증류수로 수세하여 소금을 제거하고 탈수한 후 멸균포장지에 넣어 감마선을 조사하였다. 염장된 나머지 케이싱을 멸균포장지에 넣고 감마선을 조사하였다. 감마선 조사는 선원 10만 Ci의 Co-60 감마선 조사시설(IR-79, Nordion International Ltd., Ontario, Canada)을 이용하여 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 3, 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인은 Fricke dosimetry(ceric/cerous dosimeter)(10)를 사용하였고 총 흡수선량의 오차는 ±0.2 kGy였다. 감마선 조사 후 시료는 비조사구와 함께 미생물 분석을 위해 실험에 사용되었으며, 나머지 염장된 천연장은 소금을 제거하기 위해 멸균수에 담가 5°C에서 하룻밤 보관한 후 소시지 제조에 사용하였다.

소시지 제조

소시지는 Table 1의 배합비를 사용하여 제조하였다. 원료육과 지방은 1.5 mm plate가 장착된 만육기를 이용하여 만육으로 준비하였다. 세절기에 넣고 낮은 속도로 혼합하면서 소금과 인산염을 첨가하였다. 돈육을 세절기(Silent Cutter, C-75, Fatosá, Barcelona, Spain)에 넣고 낮은 속도로 혼합하면서 소금과 인산염을 첨가하고 1분간 혼합세절한 다음 준비

된 얼음의 50%를 첨가하고 고속으로 세절을 실시하였다. 세절기의 온도가 1~2°C 정도까지 내려갔을 때 분쇄한 돼지 등지방을 첨가하고 세절기의 온도가 10°C에 도달했을 때 나머지 얼음을 첨가하여 계속 세절하면서 설탕, monosodium glutamate, 아스콜빈산, 복합향신료를 첨가하고 세절기 내부의 온도가 13°C에 도달했을 때 유화를 종결시켰다. 이때 소요된 시간은 약 10분 정도이고 작업장의 온도는 16°C였다. 감마선 조사 후 멸균수로 수세한 천연 돈장 및 양장 케이싱에 고기 유화물을 충전한 후 각각의 무게를 측정한다 다음, 물의 온도가 85°C로 고정된 수조에서 제품의 중심 온도가 70°C가 될 때까지 가열처리를 실시하였다. 가열에 소요된 시간은 돈장 소시지는 약 30분, 양장 소시지는 약 15분이었다. 가열 처리가 끝난 소시지를 얼음물이 담긴 수조에 넣어 냉각시킨 후 실온에서 건조시켰다. 건조가 끝난 제품을 멸균포장지에 진공포장하고 4°C에서 저장하면서 실험을 실시하였다.

미생물 검사

천연장에 존재하는 총균수 및 미생물의 분포를 확인하고, 두가지 천연장 소시지의 저장 중 천연장에 대한 감마선 조사가 천연장 소시지의 미생물변화에 미치는 영향을 Dymyza 등의 방법(11)을 이용하여 검사하였다. 시료 10 g에 90 mL의 멸균 증류수를 가하여 Stomacher Lab Blender(Model 400, Tekmar Co., USA)로 균질화시킨 뒤 다시 10배씩 단계별로 희석한 용액을 다음의 매지에 도말하였다. 총균수는 plate count agar(Difco Lab., Detroit, Mich)를, *Enterobacteriaceae*는 *Enterococcus* agar(Merck, Darmstadt, Germany)를 이용하였으며, 대장균군(coliforms)은 eosin methylene blue agar(Difco사 제품)에서 배양 후 녹색형광 집락을 계수하여 측정하였다. 상기 배지는 37°C에서 48~72시간 배양 후 집락을 계수하고 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타냈으며, 검출을 위한 최소 계수 한계치는 10¹ CFU/g 이었다.

실험은 3회 반복 실시하였으며, 처리구당 4개의 시료를 사용하여 측정하였다. 얻어진 결과에 대한 통계학적 분석은 SAS[®] software(12)에서 프로그래밍된 general linear procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다.

결과 및 고찰

천연장의 미생물 오염도 및 감마선 조사효과

염장 상태로 유통되는 돈장과 양장에 존재하는 호기성 총균수는 매우 높은 수준으로 나타났고, *Enterobacteriaceae*와 coliforms도 높은 수준으로 존재하는 것으로 나타났다(Table 2). 천연장은 동물의 소화관을 이용하여 제조되기 때문에 장내세균들이 주요하게 오염되어 있는 것으로 사료된다. 감마선 조사에 의한 미생물의 사멸은 선량이 증가함에 따라 생존 미생물의 수도 감소하는 것으로 나타났고, 5 kGy의 감마선 조사로 염장된 돈장 및 양장에서 약 5.5 log cycle(약 83%)의

Table 1. Formula for sausage manufacture

Materials	Composition (%)
Pork lean meat	60
Pork back fat	20
Iced water	20
NaCl ¹⁾	1.5
Phosphate ¹⁾	0.3
Ascorbic acid ¹⁾	0.01
Monosodium glutamate ¹⁾	0.02
Spice mix ¹⁾	0.5

¹⁾Content of additives was calculated as percentage to sum of meat and water.

Table 2. Effect of gamma irradiation on the bacterial population of lamb and pork casings

Microorganism	Treatment	Lamb			Pork		
		0 ¹⁾	3	5	0	3	5
Total aerobic (log CFU/g)	Salted ²⁾	6.61	4.49	1.08	6.78	3.15	1.11
	Washed ²⁾	4.38	1.78	ND ³⁾	4.23	1.62	ND
<i>Enterobacteriaceae</i> (log CFU/g)	Salted	5.32	1.85	ND	5.61	1.62	ND
	Washed	3.95	ND	ND	3.04	ND	ND
Coliforms (log CFU/g)	Salted	5.11	1.48	ND	5.54	1.70	ND
	Washed	2.84	ND	ND	3.93	ND	ND

¹⁾Irradiation dose (kGy) of lamb and pork.

²⁾The casings were irradiated in the salted or washed conditions

³⁾Not detected on plates.

미생물 감균 효과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 Trigo와 Fraqueza(4)가 발표한 연구결과와 거의 일치한다. 양장은 *Bacillus* 와 같은 mesophilic spores가 주로 많이 오염되어 있고, 돈장은 *Streptococci*와 *Enterobacteriaceae*가 주요하게 오염되어 있다고 보고되고 있다(4). 감마선 조사에 의한 spore의 사멸은 5 kGy 이상의 선량을 요구하고 염장된 조건에서 유통되는 천연장의 경우 *Bacillus*는 주로 endospore의 형태로 존재하며, 낮은 선량의 감마선에 저항을 나타낸 것으로 판단된다(13).

천연장에 대한 수세로 미생물을 감균할 수 있었다(Table 2). 그러나, 수세에 의해 초기 오염수준을 낮출 수는 있지만 완전한 제거는 불가능하며, 수세 후 잘못된 보관 등으로 인한 미생물의 급격한 생육 증가가 가능하기 때문에, 소금으로 재염장하여 보관하는 방법이 사용되고 있다. 수세 후 감마선 조사에 의해 오염미생물을 효과적으로 감소시킬 수 있었다. 염장된 조건에서 미생물의 D₁₀ 값은 돈장의 경우 0.87 kGy, 양장의 경우 0.92 kGy가 요구되었으나, 수세한 천연장에서는 돈장

에서 1.11 kGy와 양장에서 1.15 kGy였다. 이 결과는 염장된 천연장의 수분활성도가 낮기 때문에 감마선 조사에 의한 감균효과가 더 많이 나타난 것으로 판단되며, Farkas 등(14)과 Pepper 등(15)이 보고한 식품의 안전성과 위생성을 위해 방사선 조사와 수분활성도 조절, pH 조절, 포장방법 등 물리·화학적인 방법의 병용처리로 더욱 효과적이고 바람직한 결과를 얻을 수 있다는 보고와 일치하였다.

*Enterobacteriaceae*와 coliforms의 오염도 및 감마선에 의한 감균 효과를 검사한 결과, 염장된 양장과 돈장에서는 5 log 이상 오염되어 있는 것으로 나타났고, 수세에 의한 균의 감소 효과는 1.4~2.6 log cycle로 나타났다(Table 2). 감마선 조사에 의해 이 미생물들은 급격히 감소하여 3 kGy의 감마선 조사로 약 65~71% 수준이 감균되는 것으로 나타났고, 5 kGy 조사구에서는 생육을 관찰할 수 없었다. 또한 수세 후 감마선 조사로 확실한 균의 감소를 얻을 수 있었다. 일반적으로 그람 음성균은 감마선 감수성이 높아 3 kGy의 저선량에서도 쉽게

Table 3. Effect of gamma irradiation on the bacterial population of sausages stuffed in gamma-irradiated lamb or pork casings

Casing ¹⁾	Microorganism	Dose (kGy)	Storage period (day)				
			0	5	10	15	20
Lamb	Total aerobic (log CFU/g)	0	3.61	5.08	7.18	7.53	8.12
		3	2.48	3.85	5.21	6.08	7.25
		5	0.32	1.78	2.48	4.48	5.91
	<i>Enterobacteriaceae</i> (log CFU/g)	0	1.24	2.60	3.38	6.83	7.12
		3	ND ²⁾	ND	1.65	2.64	3.51
		5	ND	ND	ND	0.84	2.69
	Coliforms (log CFU/g)	0	2.84	3.04	4.28	5.82	6.87
		3	ND	ND	1.09	2.04	3.23
		5	ND	ND	ND	0.16	1.25
Pork	Total aerobic (log CFU/g)	0	3.65	5.28	6.78	7.69	8.35
		3	2.78	3.62	5.81	6.41	7.29
		5	0.60	2.11	3.16	4.83	5.78
	<i>Enterobacteriaceae</i> (log CFU/g)	0	1.60	2.72	3.51	5.82	7.22
		3	ND	ND	0.95	2.48	3.54
		5	ND	ND	ND	0.88	2.77
	Coliforms (log CFU/g)	0	2.05	3.15	4.51	5.76	7.07
		3	ND	0.69	1.54	2.77	3.54
		5	ND	ND	ND	0.83	2.22

¹⁾The casings were irradiated in the salted condition, washed in sterilized water and used for making sausages.

²⁾Not detected on plates

불활성화시킬 수 있다(16).

감마선 조사된 천연장으로 제조한 소시지의 저장성 평가

감마선 조사된 돈장과 양장을 사용하여 유화형 소시지를 제조하였다. 비조사된 천연장을 사용하여 제조한 소시지의 경우 돈장과 양장소시지 모두 제조 직후 소시지의 호기성 총균수는 3.6 log(CFU/g) 정도의 오염 수준을 나타냈고, *Enterobacteriaceae*와 coliforms도 검출되어 낮은 저장성을 나타냈다(Table 3). 비조사된 천연장 소시지의 저장 중 미생물수는 증가하여 저장 10일에 호기성 총균수가 약 7 log 수준으로 검출되어 식용으로 부적합하게 나타났다(17). 반면 제조 직후 감마선 조사된 천연장 소시지의 호기성 미생물 수준은 양장의 경우 3 kGy에서 2.48 log, 5 kGy에서 0.32 log를 나타내었고, *Enterobacteriaceae*와 coliforms는 감마선 조사구에서 발견되지 않았다. 돈장의 경우 3 kGy에서 2.78 log, 5 kGy에서 0.6 log를 나타내었고, *Enterobacteriaceae*와 coliforms는 양장에서와 같이 감마선 조사구에서 발견되지 않았다.

저장 중 감마선 조사된 천연장으로 제조한 소시지의 미생물 생육은 양장과 돈장소시지에서 모두 초기오염미생물의 감균으로 3 kGy에서는 저장 15일 정도까지, 5 kGy는 20일 이상 저장기간을 연장하는 효과를 얻을 수 있었다. 특히 5 kGy로 조사된 천연장으로 제조한 소시지에서 저장 10일까지 *Enterobacteriaceae*와 coliforms의 생육이 관찰되지 않았다.

천연장에 대한 감마선 조사는 미생물의 초기 오염도를 상당히 감소시켜 최종제품의 저장성을 크게 향상시킬 수 있다. 그러므로 천연장에 대한 감마선 조사는 현재 육가공 산업체에서 조직감과 풍미에서 우수함에도 불구하고 저장성이 약하여 대량 생산하지 못하고 있는 천연장 이용 소시지 및 육제품의 생산에 크게 기여할 것으로 기대된다.

요 약

천연장 소시지의 위생성과 최종제품의 미생물학적 저장안정성을 개선시키기 위해 소시지 제조용 양장과 돈장에 감마선을 조사하여 소시지를 제조한 후 저장 중 미생물의 변화를 관찰하였다. 감마선 조사에 의한 돈장과 양장에 오염된 호기성 총균수는 선량이 증가함에 따라 감소하였고, 5 kGy의 감마선 조사로 약 5.5 log cycle의 미생물이 감소하였다. 비조사된 천연장을 사용하여 제조한 소시지의 경우 돈장과 양장소시지 모두 제조 직후 소시지의 호기성 총균수는 3.6 log 정도의 오염 수준을 나타냈고, 저장 10일에 이미 호기성 총균수가 약 7 log 수준으로 검출되었다. 반면 제조 직후 감마선 조사된 천연장 소시지의 미생물 수준은 양장의 경우 3 kGy에서 2.48과 돈장의 경우 2.78 log, 5 kGy에서 0.32와 0.6 log를 각각 나타내었다. 천연장에 대한 감마선 조사는 미생

물의 초기 오염도를 상당히 감소시켜 최종제품의 저장성을 크게 연장시켰다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력 중장기 연구개발과제의 지원으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee, C.L. : Delicatessen technology workshop. p.53-57 (1995)
2. Gabbis, D A and Silliker, J.H. : *Salmonella* in natural animal casings. *Applied Microbiol.*, **27**, 66-71 (1974)
3. Labie, C. : Les contaminants des boyaux naturels. *Viande et Produits Carnes.* **8**, 73-79 (1987)
4. Trigo, M J. and Fraqueza, M J. : Effect of gamma radiation on microbial population of natural casings. *Radiat Phys. Chem.*, **52**, 125-128 (1998)
5. Olson, D G. : Irradiated food *Food Technol.*, **52**, 56-62 (1998)
6. Byun, M.W. : Application and aspect of irradiation technology in food industry *Food Sci. Ind.* **30**, 89-100 (1997)
7. Byun, M.W., Lee, J.W., Yook, H.S., Lee, K.H. and Kim, K.P. : The improvement of color and shelf life of ham by gamma irradiation. *J. Food Prot.*, **62**, 1162-1166 (1999)
8. Lee, J.W., Lee, K.H. and Byun, M.W. : New food preservation and processing technique using radiation. Paper presented at 17th Ann Symposium of Korean Postharvest Sci. Technol., Taejon, Korea (2000)
9. Lee, J.W., Yook, H.S., Kim, S.A., Lee, K.H. and Byun, M.W. : Effects of antioxidants and gamma irradiation on the shelf life of beef patties. *J. Food Prot.*, **62**, 619-624 (1999)
10. Holm, N.W. and Berry, R.J. *Manual on Radiation Dosimetry.* Marcel Dekker Inc, New York (1970)
11. Dymsha, H A, Lee, C.M., Satbu, 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)
12. SAS : *SAS User's Guide.* Statistics. 6th edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA (1988)
13. Kim, D.H., Lee, K.H., Yook, H.S., Kim, J.H., Shim, M.G. and Byun, M.W. : Quality characteristics of gamma irradiated gran shape improved *meju*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **32**, 640-645 (2000)
14. Farkas, J., Adrassy, E., Nanati, D., Hortu, K., Meszaros, L. and Reichart, O. : Interaction of ionizing radiation with other physical and chemical factors in improving the safety and storage stability of foods. In IAEA, Panel Proceeding Series: Combination processes for food irradiation, p.15-32 (1995)
15. Pepper, R.E., Buffa, N.T. and Chandler, V.L. : Relative resistances of microorganisms to cathode rays. III. Bacterial spores *Applied Microbiology*, **4**, 149-152 (1956)
16. IAEA : *Irradiation of red meat* : A compilation of technical data for its authorization and control. IAEA-TECDOC-902 (1996)
17. Tompkin, R.B. : Indicator organisms in meat and poultry products. *Food Technol.*, **37**, 107-110 (1983)

(2000년 11월 18일 접수)