KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 36, No. 1, pp. 168-173 (2004)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

시판 양념갈비에 오염된 병원성 미생물의 감마선 감수성 및 감마선 조사된 갈비의 관능적 품질특성

이나영 · 조철훈 · 강호진 · 김동수 · 변명우*
한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학연구팀

Radio-sensitivity of Contaminated Pathogens in Marinated Beef Rib (*Galbi*) Treated with γ-Irradiation and Its Sensory Properties

Na Young Lee, Cheorun Jo, Ho Jin Kang, Dong Soo Kim, and Myung Woo Byun*
Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute

Radio-sensitivity of pathogens in commercial marinated beef ribs, *Galbi*, and effect of irradiation on microbiological safety and sensory properties of marinated beef rib were investigated. Commercial raw marinated beef ribs were highly contaminated by pathogenic microorganisms including *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*, ranged from 10^3 to 10^4 CFU/g. Gamma irradiation reduced pathogen count during storage. No viable cells of pathogens were observed in sample irradiated at 7.5 kGy except for *Bacillus cereus*. Radio-sensitivity of inoculated pathogens in marinated beef ribs and commercial one showed D_{10} value of 0.54-0.66 and 2.15-2.98, respectively. In sensory evaluation irradiated sample showed highest color and overall acceptance among treatments ($p<0.05$). Results indicate low dose (2.5-5.0 kGy) irradiation is effective for ensuring safety of marinated beef ribs without decreasing sensory quality.

Key words: marinated beef rib, *galbi*, irradiation, pathogens, sensory property

서 론

오늘날 경제규모가 확대되고 국민소득 향상 및 식생활의 서구화로 인해 우리나라에서도 육류의 수요와 생산이 큰 폭으로 증가하고 있다. 이에 따라 육류 및 육제품 처리에 있어 도살공정, 가공, 저장 및 유통단계의 위생안전성 확보가 필수적으로 대두되고 있다(1).

우리나라의 가장 대표적인 육류음식인 갈비는 1,500년의 역사를 가진 한국에서 가장 인기있는 대중음식이며 우리나라를 방문하는 외국인이 가장 선호하는 음식 중의 하나이다. 양념갈비는 간장소스에 다진 파, 마늘, 생강즙, 설탕, 깨소금, 참기름 및 후춧가루 등의 양념에 일정시간 재웠다가 단시간에 석쇠에 구워 조리한다(2). 그러나 많은 소비에도 불구하고 갈비는 아직까지 그 양념재료나 제조법이 체계화되어 있지 않으며 가정이나 일부 음식점에서만 조리, 판매되고 있는 실정이다. 그로 인해 갈비의 원료자체 미생물 안전성뿐만 아니라 양념재료로부터의 미생물 혼입이 우려되며 이로 인한 미생물 및 위생안전성이 크게 요구되고 있는 실정이다.

최근 소고기와 같은 육류 및 육제품에서 대장균 및 *Listeria* 등의 병원성 미생물이 검출되어 사회문제뿐만 아니라 이로 인한 경제적 손실도 심각한 실정이다(3). 우리나라의 경우도 1990-2001년까지 식품유래 병원성 미생물에 의한 식중독 발생건수는 958건으로 발생 환자수는 37,422명에 이르며(4), 미국의 경우 연간 발생건수는 약 650-3,300만명으로 이중 9,000여명이 사망하고 이에 따른 경제적 손실은 직접비용만도 29-67억 달러이며 부가적인 경제손실 비용은 197억-349억 달러에 이른다고 알려져 있다(5). 이에 육류 및 육가공품의 미생물 안전성을 높이기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있으며(6), 식육의 장기저장 및 품질개선을 목적으로 천연 연화제, 인산염 첨가, 포장방법, 저장온도 및 저장방법 등을 이용하여 육류 및 육제품의 저장성 향상, 미생물 및 위생 안전성을 높이려는 연구가 꾸준히 진행되고 있다(7-9).

방사선 조사기술은 현재 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진 여러 나라에서 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 40개국에서 230여종의 식품에 대하여 식품 방사선 조사를 허가하고 있다. 미국 FDA는 쇠고기 및 냉동햄버거에 오염된 *E. coli* O157:H7의 파문을 계기로 1997년 12월 2일 위생적 품질을 보장하기 위해 적색육(쇠고기, 양고기, 말고기 등)의 방사선 조사를 허가하였으며(10), 2002년 10월에 미국내 모든 학교급식에 사용되는 모든 식육 및 그 가공품에 대한 방사선 조사기술의 사용을 승인하였고, 분쇄우육, 돈육 및 계육 등과 같은 육류생

*Corresponding author : Myung-Woo Byun, Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Yuseong, Daejeon 305-353, Korea
Tel: 82-42-868-8060
Fax: 82-42-868-8043
E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr

산량의 반만이라도 방사선 조사된다면 미국에서만 연간 880,000건의 식중독 사고와 8,500건의 입원 및 352명의 사망을 감소시킬 수 있다고 추정하였다(11). 또한, 우리나라도 1987, 1988, 1991 및 1995년에 4차례에 걸쳐 총 18개 품목의 식품조사가 허가되었으며 기존품목을 확대하여 가공식품 제조용 식육 등을 포함하여 입안예고 중에 있다(5). 이처럼 적절한 선량의 방사선 조사는 식품의 물리, 화학적 및 관능적 특성에 큰 영향을 주지 않고 식품에서 유래하는 오염유기체들로부터의 위험을 상당히 줄일 수 있는 유익한 식품 위생화 방법이다(12).

본 실험에서는 육류식품 중 소비량이 많은 즉석 양념갈비의 미생물 안전성 확립을 위하여 시중에서 판매되는 갈비의 식품매개 병원성 미생물의 오염정도를 확인하였으며, 포장방법을 달리하여 감마선 조사한 갈비의 저장기간에 따른 미생물 안전성 및 소비자 기호도를 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 포장

갈비는 시중에서 판매되는 양념갈비를 구입하여 실험에 사용하였다. 갈비의 포장은 양념갈비를 약 2×2×1 cm 크기로 절단하여 polyethylene bag(2 mL O_2/m^2/24 hr at 0°C; 20 cm×30 cm; Sunkyung Co. Ltd, Seoul, Korea)에 넣은 다음 진공포장기(Leepack, Hanguk Electronic, Kyungi, Korea)를 사용하여 진공포장(75 cmHg)을 실시하였다. 함기포장 처리구는 같은 포장재료를 이용하여 시료를 넣은 후 공기를 불어넣어주고 접합하지 않은 상태로 실험을 진행하였다.

방사선 조사

방사선 조사는 한국원자력연구소(Daejeon, Korea) 내 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온(14±1°C)에서 분당 83.3 Gy의 선량율로 각각 0, 2.5, 5.0 및 7.5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다. 조사된 갈비는 4°C에서 저장하면서 미생물학적 및 관능적 특성을 조사하였다.

미생물 분석

감마선 조사 후 저장기간에 따른 갈비의 식품매개성 미생물의 오염정도는 *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*에 대하여 측정하였다. 시료 10 g에 멸균 peptone수 90 mL를 첨가하여 Lab blender(FM 680T, Hanil, Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 60초 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 각각의 선택배지에 도말하였다. 미생물의 증식은 표준한천배양방법으로 37°C에서 48시간 배양한 후 계수하였다. 갈비의 식품매개성 미생물의 오염정도 분석을 위해 선택배지를 사용하였으며, 선택배지로 총균수는 plate count agar(Difco, Laboratories, Sparks, MD, USA), *B. cereus*는 cereus selective agar(Oxoid, Basingstoke, Hanmpshire, England), *S. typhimurium*는 Xylose lylsine deoxycholate agar(Difco, USA), *E. coli*는 Eosin methylene blue agar(Difco, USA), *S. aureus*는 Baird Parker agar(Difco, USA) 배지를 사용하였다.

멸균 및 균주접종

병원성 미생물의 방사선 감수성을 측정하기 위하여 양념갈비를 멸균시킨 후 미생물을 접종하였다. 갈비는 약 2×2×1 cm 크기로 절단하여 PE nylon bag에 넣은 다음 함기포장한 후 30 kGy 선량의 감마선을 조사하여 멸균하였다. 실험에 사용한 4종류의 병원성 미생물은 *Bacillus cereus* KCTC 1012, *Salmonella typhimurium* KCTC 1925, *Escherichia coli* KCTC 1682 및 *Staphylococcus aureus* KCTC 1916이며, 한국생명공학연구원 생물자원센타(Korean collection for type cultures, KCTC)에서 구입하여 실험에 사용하였다. 4종류의 병원성 미생물들은 이들이 접종된 tryptic soy agar(Difco, Laboratories, Sparks, MD, USA)에서 1백금이를 취해 같은 tryptic soy broth(Difco, USA) 10 mL에 접종하여 24시간 배양시킨 배양액 0.1 mL를 취해 새로운 배지 10 mL에 접종하여 18시간 동안 2차 배양한 후 그 배양액을 실험에 사용하였다. 균주 접종 시 배양배지에서 오는 오차를 줄이기 위해 2차 배양액을 원심분리(698.75 g, 15 min)한 후 상등액을 제거하여 0.85% 멸균식염수로 세척하였다. 세척은 2회 실시하였다. 실험에 사용된 4균주의 초기농도는 10^7-10^8 CFU/mL 수준이 되도록 하였으며 균주를 멸균된 갈비에 2%(v/w)농도로 접종하였다. 4종의 식품매개성 미생물에 접종된 양념갈비를 감마선 조사한 후 미생물을 분석하였다.

관능평가

관능평가는 포장방법을 달리하여 포장한 후 감마선 조사하여 저장 0, 3 및 7일째에 관능평가를 실시하였으며, 10명의 관능요원에 의해 9점 기호척도법을 이용하여 조리된 갈비와 조리되지 않은 갈비로 나누어 평가하였다. 갈비의 조리는 170°C로 미리 예열된 팬에 갈비의 내부온도가 78°C가 되도록 하여 4분간 가열하여 1분간 실온에서 냉각시킨 후 개인당 약 25 g씩 지급하여 관능평가를 실시하였다. 조리되지 않은 갈비는 색 및 향에 대해 평가하였으며, 조리된 갈비는 조직감, 맛, 전체적인 기호도를 측정하였다.

통계분석

우육에 병원성 미생물을 접종한 갈비 및 시중에서 판매되는 갈비는 조사선량에 따라 감마선 조사를 실시하여 미생물 분석 후 D_{10}(90% 생존균의 감소를 나타내는 선량: kGy)값을 구하였다. 즉, 각 시험구의 생존균수값은 3개 평판계수에 대한 평균(N) CFU값을 3번의 제로선량 평균값(N0)으로 나누어 $\log_{10}$ 생존균수값($\log_{10}$ N/N0)으로 나타낸 후 log 생균수 값의 직선 회귀의 역의 기울기로 나타내었다.

실험결과의 통계처리는 SAS(statistical analysis system)통계 package(13)를 이용하여 평균 및 표준오차를 구하였으며, ANOVA 분석 후 Student-Newman-Keul's 다중분석법으로 $p<0.05$에서의 유의차 검정을 하였다.

결과 및 고찰

미생물 검사

시중에서 판매되는 양념갈비의 *B. cereus*, *S. typhimurium*, *E. coli* 및 *S. aureus*에 대한 오염정도를 나타낸 결과는 Table 1-4와 같다. 시중에서 판매되는 갈비의 총균수는 6.17 log CFU/g을 나타내었다. 갈비의 *B. cereus*에 대한 오염은 초기 4.50 log 수준이었으며 7.5 kGy로 조사했을 경우 1.60 log를 나타나 초기 균수에 비해 3 log cycle 정도 감소하는 것으로 나타났다(Table

Table 1. Effect of various dosage of irradiation on growth of *Bacillus cereus* (KCTC 1012) in *Galbi* during storage at 4°C

Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (log CFU/g)					
	Aerobic			Vacuum		
	0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
0	4.56 ± 0.37^{x}	4.73 ± 0.10^{x}	4.93 ± 0.16^{x}	4.52 ± 0.29^{x}	4.34 ± 0.06^{w}	4.16 ± 0.08^{x}
2.5	3.71 ± 0.12^{x}	4.18 ± 0.07^{x}	3.98 ± 0.02^{x}	3.69 ± 0.18^{x}	3.52 ± 0.21^{x}	3.88 ± 0.08^{x}
5.0	2.02 ± 0.38^{y}	3.78 ± 0.49^{x}	2.48 ± 0.36^{y}	2.01 ± 0.25^{y}	2.80 ± 0.07^{y}	2.25 ± 0.46^{y}
7.5	$1.60 \pm 0.07^{b,y}$	$2.13 \pm 0.09^{a,y}$	$1.09 \pm 0.06^{c,z}$	1.60 ± 0.11^{y}	1.54 ± 0.13^{z}	1.06 ± 0.01^{y}

[a-d]Means with the same letter in each row are not significantly different (P<0.05).
[w-z]Means with the same letter in each column are not significantly different (P<0.05).

Table 2. Effect of various dosage of irradiation on growth of *Salmonella typhimurium* (KCTC 1925) in *Galbi* during storage at 4°C

Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (log CFU/g)					
	Aerobic			Vacuum		
	0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
0	$4.43 \pm 0.01^{a,w}$	$3.94 \pm 0.37^{a,x}$	$2.57 \pm 0.19^{b,x}$	$4.48 \pm 0.07^{a,w}$	$3.54 \pm 0.04^{b,w}$	$2.65 \pm 0.03^{c,x}$
2.5	3.43 ± 0.05^{x}	$2.80 \pm 0.37^{x,y}$	1.54 ± 0.17^{y}	$3.44 \pm 0.04^{a,x}$	$2.56 \pm 0.03^{b,x}$	$1.26 \pm 0.10^{c,y}$
5.0	$2.01 \pm 0.22^{a,y}$	$1.45 \pm 0.11^{a,y,z}$	$ND^{b,z}$	$2.04 \pm 0.05^{a,y}$	$1.15 \pm 0.02^{b,y}$	$ND^{c,z}$
7.5	$ND^{1)z}$	ND^{z}	ND^{z}	ND^{z}	ND^{z}	ND^{z}

[1)]Viable not detected at detection limit $<10^{1}$ CFU/g.
[a-d]Means with the same letter in each row are not significantly different (P<0.05).
[w-z]Means with the same letter in each column are not significantly different (P<0.05).

Table 3. Effect of various dosage of irradiation on growth of *Escherichia coli* (KCTC 1682) in *Galbi* during storage at 4°C

Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (log CFU/g)					
	Aerobic			Vacuum		
	0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
0	$4.60 \pm 0.10^{b,x}$	$5.21 \pm 0.09^{a,x}$	$4.43 \pm 0.07^{b,w}$	4.62 ± 0.19^{w}	5.11 ± 0.06^{w}	3.94 ± 0.29^{x}
2.5	3.97 ± 0.36^{x}	$4.15 \pm 0.07^{x,y}$	3.18 ± 0.25^{x}	$3.90 \pm 0.07^{a,x}$	$4.03 \pm 0.22^{a,x}$	$2.04 \pm 0.03^{b,y}$
5.0	2.29 ± 0.38^{y}	2.77 ± 0.49^{y}	1.38 ± 0.27^{y}	$2.29 \pm 0.01^{a,y}$	$2.05 \pm 0.11^{a,y}$	$ND^{b,z}$
7.5	$1.77 \pm 0.09^{a,y}$	$ND^{1)b,z}$	$ND^{b,z}$	$1.47 \pm 0.10^{a,z}$	ND^{bz}	$ND^{b,z}$

[1)]Viable not detected at detection limit $<10^{1}$ CFU/g.
[a-d]Means with the same letter in each row are not significantly different (P<0.05).
[w-z]Means with the same letter in each column are not significantly different (P<0.05).

Table 4. Effect of various dosage of irradiation on growth of *Staphylococcus aureus* (KCTC 1916) in *Galbi* during storage at 4°C

Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (log CFU/g)					
	Aerobic			Vacuume		
	0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
0	3.67 ± 0.02^{x}	4.44 ± 0.23^{x}	3.55 ± 0.16^{x}	3.67 ± 0.13^{w}	3.50 ± 0.35^{x}	3.69 ± 0.03^{x}
2.5	2.78 ± 0.21^{y}	$3.21 \pm 0.48^{x,y}$	$2.37 \pm 0.44^{x,y}$	2.72 ± 0.03^{x}	$2.55 \pm 0.03^{x,y}$	2.55 ± 0.04^{y}
5.0	1.96 ± 0.21^{y}	1.68 ± 0.19^{y}	$1.37 \pm 0.26^{y,z}$	1.93 ± 0.02^{y}	1.97 ± 0.02^{y}	1.54 ± 0.38^{y}
7.5	$ND^{1)z}$	ND^{z}	ND^{z}	ND^{z}	ND^{z}	ND^{z}

[1)]Viable not detected at detection limit $<10^{1}$ CFU/g.
[a-d]Means with the same letter in each row are not significantly different (P<0.05).
[w-z]Means with the same letter in each column are not significantly different (P<0.05).

1). 갈비의 *S. typhimurium*의 오염은 초기 4.43 log cycle을 나타났으며 5 kGy로 조사한 시료의 경우 2.03 log cycle을 나타났고 7.5 kGy로 조사했을 경우 검출되지 않았다(Table 2). 갈비안의 *Escherichia coli*에 대한 오염은 역시 초기 균수가 4.60 log cycle 정도 검출되었으며 조사선량이 높아질수록 균수는 감소하였다 (Table 3). *S. aureus*에 대한 오염은 초기 3.67 log cycle 정도 검출되었으며 조사선량이 높아질수록 균수는 감소하였고 7.5 kGy로 조사한 갈비에서 *S. aureus*는 검출되지 않았다(Table 4). Lee 등(8)은 육제품 품질개선 및 저장성 확보를 위한 감마선 이용에 관한 연구에서 bologna 소세지를 3 kGy로 조사할 경우 10°C에서 30일 저장시까지 어떠한 호기성 미생물의 생육도 검출되지 않았다고 보고하였다.

Table 5. Radio-sensitivities of pathogenic bacteria contaminated in *Galbi*

Microorganism	Inoculated beef ribs[1]		Commercial beef ribs[2]	
	D_{10} value (kGy)	R^2	D_{10} value (kGy)	R^2
Bacillus cereus	0.66±0.01	0.99	2.36±0.03	0.93
Staphylococcus aureus	0.59±0.05	0.99	2.98±0.28	0.99
Salmonella typhimurium	0.64±0.02	0.98	2.15±0.42	0.99
Escherichia coli	0.54±0.01	0.99	2.25±0.01	0.97

[1]Marinated beef rib (*Galbi*) was radiation-sterilized at 30 kGy and inoculated by pathogenic microorganisms to obtain the D_{10} value.
[2]Commercial marinated beef rib (*Galbi*) was used to obtain the D_{10} value.

Table 6. Sensory scores of raw *Galbi*, traditional marinated beef, with different packaging[1]

Packaging method	Irradiation dose (kGy)	Sensory parameter					
		Odor			Color		
		0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
Aerobic	0	4.55	7.50[a]	3.29	2.91[b]	5.25	2.57
	2.5	4.09	5.63[b]	3.14	5.46[a]	5.13	3.43
	5.0	4.82	4.88[b]	4.86	5.37[a]	5.00	4.00
	7.5	3.45	4.13[b]	4.14	5.18[a]	4.13	4.57
	SEM[2]	0.472	0.431	0.699	0.518	0.624	0.720
Vacuum	0	6.55	7.00	4.57	7.09[a]	5.88	5.29
	2.5	6.82	5.88	4.71	6.64[a]	6.00	5.14
	5.0	5.36	5.25	4.14	5.36[b]	5.88	5.00
	7.5	6.45	5.75	4.4	7.55[a]	4.25	6.00
	SEM	0.436	0.536	0.609	0.428	0.716	0.632

[1]Sensory panelists (n = 10) were individually provided the marinated beef rib (about 25 g each) with sensory sheet. A 9 point hedonic scale was used; like extremely (9) to dislike extremely (1).
[2]Standard errors of the mean.

양념갈비의 포장방법에 따른 식품매개 병원성 미생물의 변화를 살펴보면 *B. cereus*, *S. typhimurium* 및 *E. coli*는 진공포장할 경우 균수가 약간 감소함을 보였으나 감마선 조사한 갈비의 식품매개 병원성 미생물의 변화는 일반적으로 포장방법에 의해 큰 차이를 나타내지 않았다(Table 1-4).

이와같이 식품매개 병원성 미생물인 *B. cereus*, *S.* Typhimurium, *E. coli* 및 *S. aureus*는 갈비안에 3-4 log cycle 정도 존재하는 것으로 나타나 시중에서 판매되고 있는 갈비의 식품매개성 미생물에 대한 오염이 심각한 것으로 나타났다. Gu 등(14)은 국내에서 시판되는 쇠고기의 *Listera* spp.에 대한 연구에서 국내 시판되는 쇠고기의 *Listeria* spp.의 검출율은 외국의 검출율에 비해 크게 높은 편이고, 독성이 있는 *L. monocytogenus*, *L. ivanovii*, *L. seeligeri*의 검출율은 외국과 거의 비슷한 검출율을 보였다고 보고하였다. Aziz 등(6)은 시중에서 판매되는 우육, 분쇄우육 및 beef burger에 대한 총균수를 조사한 결과 각각 4.9×10^4, 2.1×10^6 및 4.3×10^6이 검출되었으며 감마선 조사 및 마이크로 웨이브에 노출시켜 균수의 변화를 살펴본 결과 5.0 kGy로 감마선 조사했을 경우 균수는 2-3 log cycle정도가 감소하였고, 감마선 5.0 kGy와 20 sec 마이크로 웨이브를 병용할 경우 미생물은 검출되지 않았다고 보고하였다.

방사선 감수성

양념갈비 및 양념갈비에 접종된 식품 매개 병원성 미생물의 방사선 감수성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 갈비내의 접종된 식품매개 병원성 미생물의 방사선 감수성은 *E. coli*가 0.54 kGy로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 *S. aureus*, *S.* Typhimurium 및 *B. cereus*가 각각 0.59, 0.64 및 0.66 kGy순으로 나타났다. 또한, 시중에서 판매되는 갈비내의 식품매개 병원성 미생물의 방사선 감수성을 조사한 결과 *S. typhimurium*이 1.15 kGy로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 *S. aureus*, *E. coli* 및 *B. cereus*가 각각 1.44, 1.51 및 1.61 kGy순으로 나타났으며, 그 중 *B. cereus*가 감마선에 대한 내성이 가장 강한 균주로 나타났다. 이처럼 멸균된 갈비에 접종된 식품매개 병원성 미생물보다 갈비내에 존재하는 식품 매개성 미생물이 감마선 조사에 대한 내성이 더 높게 나타났다. Thayer 등(15)은 멸균된 닭고기에 *S. typhimurium*을 접종한 후 감마선 조사한 결과 3 kGy로 조사했을 경우 6 log cycle의 증식억제를 보였다고 보고하였으며, Yook 등(16)은 우육에 오염시킨 병원세균의 방사선 감수성은 *E. coli*, *S. typhimurium*, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus* 및 *L. monocytogenes*는 각각 0.32, 0.54, 0.61, 0.44 및 0.37 kGy을 나타났다고 보고하였다. Kim 등(17)은 *B. cereus* 및 *B. subtilis*의 D_{10} values는 0.63 및 0.59 kGy라고 보고하였으며, Thayer 등(18)은 *B. cereus*의 endospore에 대한 D_{10} 값은 소고기에서 2.78 kGy, 칠면조에서 1.90 kGy 및 돼지고기에서 2.78 kGy를 나타났다고 보고하였다.

관능검사

양념갈비를 진공 및 함기포장하여 조사한 후 저장기간에 따른 갈비의 관능평가를 실시하였다. 관능평가를 실시하기 위해 갈비는 조리하지 않은 갈비 및 조리된 갈비로 나누어 측정하였으며 그 결과는 Table 6 및 7과 같다. 조리되지 않은 갈비의 경우 향 및 색을 측정한 결과 함기 포장한 갈비의 향은 비조

Table 7. Sensory scores of cooked *Galbi*, traditional marinated beef, with different packaging[1)]

Packaging method	Irradiation dose (kGy)	Sensory parameter								
		Tenderness			Tast			Overall acceptability		
		0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
Aerobic	0	6.18	6.25	4.86	4.82	6.25	3.70	5.82	6.50	3.86
	2.5	7.00	5.75	4.57	5.36	5.63	3.57	6.18	4.88	3.71
	5.0	6.91	5.75	4.29	6.09	4.63	4.14	6.45	4.75	4.14
	7.5	5.46	6.50	5.00	4.73	5.38	3.86	5.00	5.63	4.14
	SEM[2)]	0.550	0.709	0.655	0.706	0.788	0.640	0.592	0.628	0.636
Vacuum	0	6.64	7.38	5.57	6.00	7.50[a]	4.71	5.91	7.50a	5.14
	2.5	6.82	6.13	5.43	6.55	6.63[a]	5.43	6.64	6.38ab	5.29
	5.0	6.55	6.75	5.57	6.18	5.75[ab]	5.14	6.46	5.50b	5.43
	7.5	6.00	5.88	5.29	5.55	4.50[b]	5.14	5.91	5.00b	5.29
	SEM	0.418	0.579	0.538	0.582	0.506	0.592	0.574	0.499	0.484

[1)]Sensory panelists (n = 10) were individually provided the sample (about 25 g each) with sensory sheet. The Galbi was placed on the preheated pan (approximately 170°C) and cooked for 4 min with 2-3 times of turnover. A 9 point hedonic scale was used; like extremely (9) to dislike extremely (1).
[2)]Standard errors of the mean.

사구가 높은 평가를 받았으며 색은 조사구가 높은 평가를 받았으나 조사 선량간의 유의차는 나타나지 않았다. 진공포장한 갈비의 향은 유의차를 나타나지 않았고 색은 5.0 kGy로 조사된 갈비를 제외하고 높은 평가를 받았다(Table 6). 포장방법을 달리하여 조사된 갈비를 조리한 후 조직감, 맛 및 전체적인 기호도를 측정한 결과 함기포장한 갈비는 조사선량에 따라 조직감, 맛 및 전체적인 기호도에서 유의차를 보이지 않았다. 진공포장한 시료의 경우 조직감은 조사선량에 따른 유의차를 나타내지 않았고 맛은 7.5 kGy로 조사한 갈비를 제외한 0, 2.5 및 5.0 kGy로 조사된 갈비는 높은 평가를 받았으며 전체적인 기호도는 0 및 2.5 kGy로 조사된 갈비가 가장 높은 선호도를 나타냈다(Table 7). 양념갈비를 포장방법 및 조사선량을 달리하여 저장한 후 관능특성을 조사한 결과 함기포장보다 진공포장한 갈비가 전체적으로 높은 선호도를 보였으나, 저장기간에 따른 유의차는 나타나지 않았다($p<0.05$). Montgomery 등(9)은 조사한 후 조리된 분쇄 우육 패티의 관능특성을 조사한 결과 향은 조사된 소고기가 높은 선호도를 나타났으며, Jo 등(2)은 조리된 불고기를 2.5 kGy로 조사할 경우 조직감이 가장 높은 선호도를 나타냈다고 보고하였다. Byun 등(19)은 천연돈장 및 양장을 감마선한 후 소시지를 제조한 결과 색, 조직 및 전체적 기호도는 개선되었다고 보고하였다. 전통양념갈비의 품질 및 저장성 개선에 관한 연구에서 포장방법을 달리하여 포장된 갈비의 관능평가를 실시한 결과 함기포장한 처리구가 저장기간 및 포장방법에 따라 유의적으로 가장 낮은 기호성을 나타내었다고 보고되었다(20). 이와같은 결과는 본 실험의 진공 및 함기포장에 따른 관능적 기호도 결과와도 유사한 경향을 나타냈다. 또한, Yook 등(10)은 한우육의 지방산패에 관한 연구에서 함기포장이 진공포장보다 높은 산패도를 보였고, 조사선량이 높아짐에 따라 지방산패도가 증가하였으며 휘발성 염기태질소 함량은 저장기간이 경과함에 따라 진공포장하여 3-5 kGy 조사 후 냉장한 시험군이 가장 낮은 함량을 나타냈다고 보고하였다. 따라서 함기포장 후 고선량 조사된 갈비의 경우 화학적 품질변화로 인해 소비자 기호도에 영향을 미칠수 있을 것이라 사료된다. 그러므로 시중에서 판매되는 갈비의 관능적 품질에 영향을 미치지 않는 범위에서 저장안전성을 확보하기 위해서는 저선량의 (2.5-5.0 kGy) 감마선 조사가 효과적일 것으로 사료된다.

요 약

시중에서 판매되는 양념갈비의 식품매개 병원성 미생물의 오염정도를 확인하였으며, 포장방법을 달리하여 포장하여 감마선 조사한 후 저장기간에 따른 갈비의 미생물 안전성 및 조사선량에 따른 소비자 기호도를 조사하였다. 식품매개 병원성 미생물의 오염은 *B. cereus*, *S. typhimurium*, *E. coli* 및 *S. aureus*는 모두 3-4 log cycle 정도로 검출되어 시중에서 판매되는 갈비의 식품매개 병원성 미생물의 오염정도가 심각한 것으로 나타났다. 갈비의 조사선량에 따른 변화는 7.5 kGy로 감마선 조사할 경우 *B. cereus*를 제외하고 *S. typhimurium* 및 *S. aureus*는 검출되지 않았으며, *E. coli*는 0일째에 1.47 log cycle정도 검출되었으나 4°C 저장 중에는 검출되지 않았다. 멸균된 갈비와 양념갈비의 방사선 감수성은 *B. cereus*가 방사선 조사에 대한 내성이 가장 강한 균주로 나타났다. 감마선 조사에 따른 갈비의 관능특성은 조리되지 않은 갈비의 경우 향은 비조사구가 높은 선호도를 보였으며 색은 조사구가 높은 평가를 받았다. 조리된 갈비의 경우 함기포장한 갈비는 조직감, 맛 및 전체적인 기호도에서 유의차를 나타내지 않았고, 진공포장한 시료의 경우 맛은 7.5 kGy로 조사한 갈비를 제외한 0, 2.5 및 5.0 kGy로 조사된 갈비는 높은 평가를 받았으며 전체적인 기호도는 0 및 2.5 kGy로 조사된 갈비가 가장 높은 선호도를 보였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력 중장기 연구개발사업과 부분적으로 IAEA CRP 과제(No. 11908)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yook HS, Lee JW, Lee HJ, Kim JG, Kim KP, Byun MW. Effect of gamma irradiation on the protein solubility, pruge loss and

shear force of beef. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 665-671 (1999)
2. Jo C, Kim DH, Shin MG, Kang IJ, Byun MW. Irradiation effect on *Bulgogi* sauce for making commercial Korean traditional meat product, *Bulgogi*. Radiat. Phys. Chem. 68: 851-856 (2003)
3. Chung MS, Kang HD, Um BY, Kim YJ, Lee M. Effects of low dose electron-beam on the beef aging. Korean J. Anim. Sci. 40: 193-202 (1998)
4. Buzby JC, Roberts T. ERS estimates U.S. food-borne disease costs. Food Rev. 24: 37-42 (2001)
5. Byun MW, Lee JW. Application of irradiation technology for food safety and security. Food Sci. Ind. 36: 25-41 (2003)
6. Aziz NH, Mahrous SR, Youssef BM. Effect of gamma-ray and microwave threatment on the shelf-life of beef products stored at 5°C. Food Control 13: 437-444 (2002)
7. Kim KJ, Min JS, Lee SO, Jang A, Jang SH, Cheon YH, Lee M. Effect of natrual or phosphates on quality improvement of the low-grade seasoned hanwoo ribs. J. Anim. Sci. Technol. 45: 309-318 (2003)
8. Lee JW, Yook HS, Kim JH, Kim KP, Lee HJ, Byun MW. Use of gamma irradiation for improving quality and assuring safety of meat products. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 858-864 (1999)
9. Montgomery JL, Parrish FC Jr, Olson DG, Dickson JS, Niebuhr S. Storage and packaging effects on sensory and color characteristics of ground beef. Meat Sci. 64: 357-363 (2003)
10. Yook HS, Lee KH, Lee JW, Kang KO, Byun MW. Effect of gamma irradiation on lipid oxidation of Korean beef. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1179-1183 (1998)
11. Anomymous. Irradiation enhances food safety and quality. Food Prot. Trends 23: 593-574 (2003)
12. Byun MW. Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci. Ind. 30: 89-100 (1997)
13. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990)
14. Gu DW, Chung CI, Jeong DK, Nam ES. Contamination of *Listeria* spp. in market beef. J. Fd. Hyg. Safety 10: 89-95 (1995)
15. Thayer DW, Boyd G, Fox JB, Lakritz L. Effects of NaCl, sucrose, and water content on survival of *Salmonella typhimurium* on irradiated pork and chicken. J. Food Prot. 58: 490-496 (1995)
16. Yook HS, Kim S, Lee KH, Kim YJ, Kim KP, Byun MW. Gamma-radiation sensitivity of pathogenic bacteria in beef. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1432-1438 (1998)
17. Kim S, Yook HS, Lee JW, Choi C, Byun MW. Sterilization of *Escherichia coli* O157:H7 contaminated beef by gamma irradiation. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1209-1213 (1998)
18. Thayer DW, Boyd G. Control of enterotoxic *Bacillus cereus* on poultry or red meats and in beef gravy by gamma irradiation. J. Food Prot. 57: 758-764 (1994)
19. Byun MW, Lee JW, Jo C, Yook HS. Quality properties of sausage made with gamma-irradiated natural pork and lamb casing. Meat Sci. 59: 223-228 (2001)
20. Kim CJ, Jeong JY, Lee ES, Song HH. Studies on the improvement of quality and shelf-life of traditional marinated beef (*Galbi*) as affected by packaging method during storage at −1°C. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 792-798 (2002)

(2003년 11월 21일 접수; 2004년 1월 17일 채택)