

식육제품 제조용 천연 부재료 및 적색 와인이 분쇄 우육에 접종된 병원성 미생물의 방사선 감수성에 미치는 영향

윤혜정 · 김현주¹ · 정연국 · 정사무엘 · 이주운² · 조철훈*

충남대학교 동물자원생명과학과, ¹중앙대학교 식품공학과,
²한국원자력연구원 방사선식품생명공학연구팀

Effect of Natural Ingredients and Red Wine for Manufacturing Meat Products on Radiation Sensitivity of Pathogens Inoculated into Ground Beef

Hyejeong Yun, Hyun Joo Kim¹, Yeonkook Jung, Samooel Jung, Ju Woon Lee², and Cheorun Jo*

Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong 456-756, Korea

²Team for Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-785, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of various natural ingredients for manufacturing meat products on the D_{10} value and relative radiation sensitivity (RRS) of foodborne pathogens inoculated into ground beef. The pathogens used for this study were *Salmonella* Typhimurium (KCTC 1925), *Escherichia coli* (KCTC 41682), *Listeria monocytogenes* (KCTC 3569), and *Staphylococcus aureus* (KCTC 11764), and the natural ingredients added into ground beef were garlic, onion, black pepper, hot pepper, ginger, green onion, carrot, and red wine. The D_{10} of *E. coli* was decreased significantly by 5% of garlic addition (RRS=1.460), and the addition of carrot (RRS=1.086) and red wine (RRS=2.864) also showed similar results. Most natural ingredients were effective in increasing radiation sensitivity of *L. monocytogenes*, but only garlic, onion, hot pepper, carrot, and red wine were effective against *S. aureus*. In particular, the addition of red wine to ground beef showed the greatest increase of radiation sensitivity for 3 pathogens tested in the present study, except for *S. Typhimurium*. Results indicate that the use of certain natural ingredients for manufacturing processed meat products may have effects in the increase of radiation sensitivity of pathogens. This increased radiation sensitivity can reduce the target irradiation dose for obtaining the same level of safety, resulting in lowering the adverse quality changes caused by a high-dose irradiation process.

Key words: ground beef, natural ingredients, red wine, radiation sensitivity, pathogen

서 론

산업화와 더불어 여가활동의 증가, 외식산업의 발달, 편이식품 및 가공식품의 사용이 증가되고 있다. 반면, 식품 제조 및 보존, 유통에서의 위생화 기술의 발달, 공중보건과 관련한 제반 시스템의 과학화와 소비자의 의식수준 향상, 그리고 의학의 발전에도 불구하고 전 세계적으로 식품에서 유래한 질병의 발생은 오히려 증가하고 있다(Brooks *et al.*, 2008; Fang and Tsai, 2003). 실제로 축산 가공제품 원료육의 미생물 오염사례를 살펴보면 생햄 원료육에서

총균수는 3 Log 수준으로 나타난 반면, *Pseudomonas* spp., *Clostridium* spp.는 2 Log 수준으로 검출되어 원료육의 취급 과정이 비위생적으로 이루어짐을 짐작할 수 있다(Lee *et al.*, 2007). 시중 유통중인 한우 및 수입 쇠고기의 등심부위의 미생물 오염 수준 분석결과 총 균수는 4~4.5 Log CFU/cm²이었으며, 냉냉성 세균은 3~4.5 Log CFU/cm²로 검출되었다(Kim *et al.*, 2000). 이의 시중에 유통되는 즉석 식품의 미생물 오염도를 살펴보면 김밥에서 *E. coli*와 *Coliform*이 각각 1.9, 4.6% 검출되었으며, 초밥, 샐러드, 샌드위치 및 회에서 *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*와 *Bacillus cereus*가 각각 6.6, 2.3 및 0.7% 수준으로 검출되었다(Kim *et al.*, 2008). 특히 병원성 미생물 중 *Listeria monocytogenes*는 일반적으로 증식이 억제되는 것으로 여겨지는 4°C의 냉장조건에서도 증식하며 농축수

*Corresponding author: Cheorun Jo, Department of Animal Science & Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. Tel: 82-42-821-5774, Fax: 82-42-825-9754, E-mail: cheorun@cnu.ac.kr

산물 식품 원료 및 가공식품을 중간 매개체로 하여 사람들에서 listeriosis를 일으키는 것으로 알려져 있다.

식품의 방사선 조사기술은 지난 반세기동안 선진국 중심의 다각적인 연구에 의해 발전되어 왔으며 현재의 어떤 위생화 처리방법보다 효과적이고 미생물학적, 독성학적, 유전학적 및 영양학적 안전성이 확보된 유용한 기술로 평가되고 있으며, 국제적으로 식품의 방사선 조사에 대한 산업적 적용은 더욱 가속화될 전망이다(Kim *et al.*, 2005; Maltila-Standholm and Skytta, 1991; Rumen, 2009; Son and Chyun, 2001). 이 기술은 김치와 같이 가열 및 건조 처리를 할 수 없는 식품에도 이용이 가능하며 완포장 상태에서 살균하기 때문에 교차오염이 없고, 식품 고유의 관능적 품질변화를 최소화 하면서 미생물학적 안전성을 부여한다(Giddings, 1992; WHO, 1981). 한편, 현재 우주식품 제조 시 일반적으로 40~50 kGy의 방사선을 조사하는 것은 안전성을 보장하기 위한 것으로 이는 특히 방사선 저항성 세균 및 포자를 완전히 멸균하기 위해 사용된다(FAO/IAEA/PAHO/WHO, 1992; NASA, 2003; Turgis *et al.*, 2008a; Turgis *et al.*, 2008b; Welch and Maxcy, 1975). 그러나 이러한 고선량의 방사선 조사는 육류의 경우 저장 기간 중 지방 산패가 촉진되어 품질 및 기호도가 저하되어 품질을 저하시킨다. 또한 육류는 감마선 조사시 지방 산화로 인해 이취가 발생하고, 기호도가 저하되는 단점이 있다(Jo and Ahn, 1999).

최근 천연물의 essential oil이나 oleoresin이 식품 유래 병원균에 대한 방사선 감수성(radiation sensitivity)을 유의적으로 증가시켜 방사선 조사선량을 줄이면서도 효과적인 살균을 할 수 있다는 연구결과가 보고되고 있다(Lacroix *et al.*, 2009). 또한 가스치환포장과 essential oil을 병용처리하여 품질을 높이고 방사선 감수성을 증진시켜 낮은 방사선 조사 선량에서도 높은 살균효과를 나타내는 연구사례가 있다(Lacroix and Chriasson, 2004). 이러한 연구결과는 특히 특수목적식품 예를 들어 우주식품, 군용식품 또는 환자식품과 같이 안전성을 극대화하기 위해 고선량의 방사선 조사가 필요한 식품군에 유용하게 사용될 수 있는데 그 이유는 고선량 방사선 조사시 발생할 수 있는 이미나 이취를 감소시켜 안전성은 그대로 유지하면서 관능적 품질을 개선시킬 수 있기 때문이다. 한편, 방사선 감수성 증진을 적용할 때는 기존에 첨가되고 있는 천연 부재료를 이용하는 것이 가장 좋은 방법이다. 우리나라의 경우 전통 식육제품인 갈비나 불고기를 제조할 때 마늘, 양파, 부추, 생강, 파 등 여러 가지 부재료가 사용되므로 이들의 방사선 감수성 증진 효과를 측정하여 적용한다면 한국형 우주식품으로 인증된 우주 불고기와 같은 특수목적식품에 적용하기 용이할 것으로 판단된다. 한편 우주 불고기 제조시 고선량의 방사선 처리로 인해 이취 및 이미 발생을 최소화하기 위해 우육 무게의 6배의 적색와인에 재워두는

과정이 인증된 우주 불고기 제조방법에 포함되어 있다.

본 연구는 불고기 제조 시에 주로 사용되는 마늘을 비롯한 7종의 천연 부재료와 적색 와인을 첨가하여 식품 주요 위해 미생물인 *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* 및 *Staphylococcus aureus*균주에 대한 방사선 감수성(D₁₀) 증진효과를 관찰하였다.

재료 및 방법

시료

본 연구에서 사용한 우육은 대형마트(대전)에서 한우1등급 등심(냉장육)으로 구입한 후 분쇄기(Diax 900, Heidolgh, Schwabach, Germany)를 이용하여 분쇄하여 실험에 사용하였다. 첨가물로 사용된 천연 부재료 중 마늘(*Allium scorodorpasum* var. *viviparum* Regel, 풀무원, 음성, 한국)과 후추(*Piper nigrum*, 오투기, 안양, 한국)는 가공제품을 구입하였으며, 양파(*Allium cepa*), 당근(*Daucus carota* var. *sativa*), 생강(*Zingiber officinale*) 및 파(*Allium fistulosum*)는 신선한 것을 구입하여 실험실에서 분쇄하여 사용하였고 적색 와인(Carlo Rossi Vineyards, Modesto, CA, USA)은 대형마트에 시판 중인 제품을 구입하여 사용하였다.

감마선 조사

실험에 사용할 우육을 멸균하기 위하여 한국원자력연구원 정읍 방사선과학연구소(Jeongeup, Republic of Korea) 내 선원 11.1 PBq, ⁶⁰Co 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온(14±1°C)에서 시간당 10 kGy의 선량율로 총 흡수선량이 35 kGy가 되도록 멸균하였다. 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.

시료 제조

방사선 감수성 측정을 위한 시료 준비는 분쇄한 우육을 50 g씩 분할 한 다음 마늘 등의 천연 부재료를 각각 1, 3 및 5%(w/w)씩 첨가하였다. 우육 시료와 부재료가 잘 혼합될 수 있도록 5분간 Bag mixer®(Model 400, Interscience, France)를 이용하여 교반하였으며, 적색 와인은 한국원자력연구원의 우주 불고기 제조방법과 동일하도록 우육 무게의 2, 4 및 6배(v/w)를 첨가하여 우육이 잠기도록 첨가하였다. 혼합된 시료는 4°C에서 12시간 보관한 후 방사선 감수성 평가를 위해 방사선을 조사하였다. 방사선 감수성(D₁₀값) 측정을 위해서는 천연 부재료가 첨가된 분쇄우육에 병원성미생물 균주를 아래와 같이 접종하고 0, 1, 2, 3 및 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 방사선 조사를 위와 동

일한 방법으로 실시하였다.

균주 접종

병원성미생물 표준균주는 *S. Typhimurium*(KCTC 1925), *E. coli*(KCTC 41682), *L. monocytogenes*(KCTC 3569) 및 *S. aureus*(KCTC 11764)를 사용하였으며, 각 표준균주는 구입 후 tryptic soy broth(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에서 37°C 조건으로 stationary phase까지 진탕배양(200 rpm)한 다음 원심분리기(Vs-5500, Vision Scientific, Co., Seoul, Korea)에서 3회 원심분리(3,000 rpm for 10 min at 4°C)하여 이를 접종균으로 준비하였다. 각 시험균주의 접종농도는 약 10^7 CFU/g이었다.

방사선 감수성 측정

천연 부재료를 첨가한 분쇄우육을 0, 1, 2, 3 및 5 kGy로 방사선 처리한 직후 병원성미생물 생균수를 측정하여 접종 균주의 감수성을 측정하였다. 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85% NaCl) 90 mL를 첨가하여 Bag mixer®(Model 400, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 각각의 선택배지에 도말하였다. *E. coli* 검출을 위한 배지는 eosin methylene blue agar(EMB, Difco), *L. monocytogenes*의 경우 *Listeria* agar(Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England), *S. Typhimurium*은 *salmonella-shigella* agar(SS, Difco), 그리고 *S. aureus*는 baird parker agar(BPA, Difco)를 사용하였다. 미생물 수의 평기는 37°C에서 48시간 배양하여 생성된 colony의 수를 계수하여 1 g 당 colony forming unit(CFU/g)으로 계산하였다. 미생물의 개체수를 1/10로 줄이는데 필요한 처리 수준인 D_{10} 값은 각 시험구의 평균값(N)을 제로선량 평균값(N_0)으로 나누어 \log_{10} 생존균수값($\log_{10} N/N_0$)으로 나타낸 후 \log 생존수 값의 직선 회귀식의 역의 기울기로 나타내었다. 상대적 방사선 감수성(Relative Radiation Sensitivity, RRS)은 위와 같이 계산된 대조군의 D_{10} 값을 시료 첨가군의 D_{10} 값으로 나눈 값으로 계산하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SAS software(1995)로 general linear model procedure를 이용하여 분산분석 후 유의적인 차이가 보일 때 평균값 간 차이를 Duncan의 다중검정법을 사용하여 평가하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

병원성 미생물의 방사선 감수성을 증진시켜 안전하면서도 관능적으로 우수한 식육제품을 제조하기 위한 기초연구로서 우육을 이용한 식육모델에 병원성 미생물을 접종

하고 식육제품 제조에 주로 쓰이는 천연 부재료 및 적색 와인의 방사선 감수성에 미치는 효과를 측정하였다. 첨가된 천연 부재료로는 불고기 제조시 주로 사용되는 마늘을 비롯한 7종의 향신료와 적색 와인을 사용하여 식품의 중요한 병원성 미생물로는 *S. Typhimurium*(KCTC 1925), *E. coli*(KCTC 41682), *L. monocytogenes*(KCTC 3569) 및 *S. aureus*(KCTC 11764)균주에 대해 방사선 감수성(D_{10}) 증진에 미치는 영향을 살펴보았다.

첨가물의 농도를 1, 3 및 5% 함량으로 첨가하여 병원성 미생물의 방사선 감수성을 측정된 결과를 Tables 1-4에 나타내었다. *S. Typhimurium*의 D_{10} 값은 마늘과 양파 첨가시 첨가물의 농도가 증가함에 따라 낮아지는 경향을 나타내었으나, 대부분의 시료에서 대조군보다 높은 D_{10} value

Table 1. Relative radiation sensitivity of *Salmonella Typhimurium* (KCTC 1925) inoculated into ground beef with different natural materials

Treatment	Concentration (%)	D_{10} (kGy) ¹⁾	Relative radiation sensitivity ²⁾
Control	-	0.718	1.000
Garlic	1	1.021	0.703bcdef ⁴⁾
	3	0.896	0.802abc
	5	0.729	0.985a
Onion	1	1.799	0.399gh
	3	1.420	0.505defgh
	5	0.842	0.853cdefgh
Black pepper	1	0.898	0.799abc
	3	1.145	0.627cdefg
	5	1.261	0.569cdefgh
Hot pepper	1	1.036	0.693bcdef
	3	1.773	0.405gh
	5	1.179	0.609cdefgh
Ginger	1	0.878	0.818abc
	3	0.812	0.885ab
	5	0.997	0.720bcde
Green onion	1	1.833	0.392gh
	3	1.142	0.629cdefg
	5	1.663	0.432fgh
Carrot	1	1.566	0.459efgh
	3	2.100	0.342h
	5	1.609	0.446fgh
Red wine	2 ³⁾	1.386	0.518defgh
	4	0.782	0.918ab
	6	0.950	0.756abcd

¹⁾ D_{10} value is dose required to inactivate 90% of original population.

²⁾Relative radiation sensitivity = D_{10} of control/ D_{10} after addition of natural material.

³⁾Volume of red wine used were 2, 4 and 6 times (v/w) of meat weight.

⁴⁾Values with different letters (a-h) within a column differ significantly ($p < 0.05$).

을 가져 낮은 RRS값을 보였으므로 방사선 감수성 증진에 비효율적인 영향을 나타내었다. 마늘 5% 첨가군이 RRS가 0.985로 시료 중 가장 높게 나타났으며, 당근 3% 첨가군이 가장 낮은 수준(RRS 0.342)을 나타내었다(Table 1). 즉 분쇄한 당근의 첨가는 우육 내 *S. Typhimurium*의 D_{10} 값을 오히려 증가시켜 동일한 살균효과를 위해서는 더 높은 조사선량이 요구된다는 것을 의미한다.

Table 2에 나타낸 바와 같이 *E. coli*에 대한 방사선 감수성(D_{10})은 적색와인 첨가시 대조군의 1/2 이하로 낮아져 방사선 감수성 증진(RRS=2.864-2.864)에 가장 효과적인 첨가물인 것으로 나타났다. 이는 와인 첨가시 동일한 살균효과를 내기 위해 1/2 이하의 조사선량이 필요하다는 것을 의미한다. 그러나 와인 첨가량에 따른 농도의존적인 경

Table 2. Relative radiation sensitivity of *E. coli* (KCTC 41682) inoculated into ground beef with different natural materials

Treatment	Concentration (%)	D_{10} (kGy) ¹⁾	Relative radiation sensitivity ²⁾
Control		1.398	1.000
Garlic	1	1.869	0.748cdef ⁴⁾
	3	1.381	1.012cdef
	5	0.957	1.460b
Onion	1	1.816	0.770cdef
	3	1.753	0.798cdef
	5	1.439	0.972def
Black pepper	1	1.580	0.885cdef
	3	1.552	0.901bcd
	5	1.693	0.826bc
Hot pepper	1	1.580	0.885cdef
	3	1.552	0.901cdef
	5	1.693	0.826cdef
Ginger	1	1.901	0.735cdef
	3	1.419	0.985bcde
	5	1.585	0.880cdef
Green onion	1	3.463	0.404f
	3	3.064	0.456ef
	5	1.950	0.717cdef
Carrot	1	1.540	0.908cdef
	3	1.290	1.083bcd
	5	1.288	1.086bcd
Red wine	2 ³⁾	0.506	2.764a
	4	0.497	2.811a
	6	0.488	2.864a

¹⁾ D_{10} value is dose required to inactivate 90% of original population.

²⁾Relative radiation sensitivity = D_{10} of control/ D_{10} after addition of natural material.

³⁾Volume of red wine used were 2, 4 and 6 times (v/w) of meat weight.

⁴⁾Values with different letters (a-f) within a column differ significantly ($p < 0.05$).

향은 나타나지 않았으며 우육 중량과 1:2 비율의 적색 와인 첨가에 의해서도 *E. coli* 제거에 효율적인 것으로 판단된다. 선행연구에서 육 중량과 1:1의 비율로 와인을 첨가했을 경우에는 방사선 감수성 증진효과가 미미하였다(Data not shown). 마늘 첨가군의 경우 첨가물의 농도 의존적으로 감수성이 증진하는 경향을 나타내어 5% 첨가군에서 RRS가 1.460으로 나타내었으나, 이외의 시료군에서는 첨가물 농도에 의한 방사선 감수성에 영향을 나타내지 않았으며 전반적으로 대조군보다 낮은 RRS를 나타내었다.

Table 3은 *L. monocytogenes* 균주에 대한 방사선 감수성을 나타낸 것으로 마늘, 후추 및 생강 첨가시 첨가물의 농도 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내어 다른 종류의 첨가

Table 3. Relative radiation sensitivity of *Listeria monocytogenes* (KCTC 3569) inoculated into ground beef with different natural materials

Treatment	Concentration (%)	D_{10} (kGy) ¹⁾	Relative radiation sensitivity ²⁾
Control		0.768	1.000
Garlic	1	1.202	0.639c ⁴⁾
	3	0.662	1.161b
	5	0.688	1.116b
Onion	1	0.830	0.925bc
	3	0.891	0.862bc
	5	0.738	1.041b
Black pepper	1	0.708	1.084b
	3	0.698	1.100b
	5	0.698	1.100b
Hot pepper	1	0.852	0.902bc
	3	0.724	1.061b
	5	0.839	0.915c
Ginger	1	0.716	1.073b
	3	0.703	1.092b
	5	0.659	1.166b
Green onion	1	0.805	0.954bc
	3	0.783	0.981bc
	5	0.741	1.037b
Carrot	1	0.778	0.987bc
	3	0.684	1.123b
	5	0.994	0.772bc
Red wine	2 ³⁾	0.460	1.671a
	4	- ⁵⁾	-
	6	-	-

¹⁾ D_{10} value is dose required to inactivate 90% of original population.

²⁾Relative radiation sensitivity = D_{10} of control/ D_{10} after addition of natural material.

³⁾Volume of red wine used were 2, 4 and 6 times (v/w) of meat weight.

⁴⁾Values with different letters (a-c) within a column differ significantly ($p < 0.05$).

⁵⁾Viable cell was not detected with a detection limit at $< 10^2$ CFU/g.

물에 비해 RRS가 비교적 높게 나타났다. 이외에도 마늘 (1%) 첨가물을 제외한 다른 첨가물에서도 대조군과 비슷하거나 높은 RRS를 나타내었고, 특히 적색 와인의 경우 우육의 4배 이상 첨가시 접종된 *L. monocytogenes*가 완전히 제거되는 것으로 나타났다. 이러한 적색 와인의 방사선 감수성 증진효과는 *S. aureus* 균주에서도 유사한 결과를 나타내었다(Table 4).

*S. aureus*에 관한 결과로는 마늘, 양파, 고추, 생강, 대파 및 당근을 5%까지 첨가시 방사선 감수성을 증진시키는데 효율적으로 나타났다(Table 4). 적색 와인을 2배 첨가한 경우 대조군에 비해 2배 가까이 낮은 D_{10} value를 나타내었고, 우육 시료의 4배 이상 첨가시 미생물의 사멸되어 나

타나지 않았다. 반면 생강 1% 첨가군은 RRS가 0.449로 유의적으로 가장 낮은 수준을 나타내어 방사선 감수성을 증진시키는데 효과가 전혀 없었다.

이상의 결과에서 보면, 대부분의 시료군에서 첨가물의 농도가 증가할수록 병원성 미생물의 방사선 감수성이 증진되는 경향을 나타내었으며, 상대적 방사선 감수성은 첨가물의 종류 및 농도, 그리고 각각의 미생물 특성에 따라 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있었다. 특히 본 연구에서는 마늘 첨가군과 적색 와인 첨가군에서 RRS가 높게 나타나는 경향을 나타내었으며, *E. coli* 균주의 경우 적색 와인은 함량에 상관없이 RRS가 2배 가까이 증가하였다. *L. monocytogenes*와 *S. aureus*에서는 우육 시료의 4배이상 적색와인으로 침지시 미생물이 완전히 제거되는 것으로 나타났다.

첨가물 가운데 마늘은 *E. coli*와 *L. monocytogenes*에 대한 방사선 감수성 증진에 효율적이었으며, 양파는 *S. aureus*, 후추와 생강은 *L. monocytogenes*, 적색와인은 *E. coli*, *L. monocytogenes* 및 *S. aureus*의 방사선 감수성 증진에 효과적으로 나타났다. 방사선 감수성을 증진시키는 첨가물들은 대부분의 경우 phenol화합물들을 다량 함유하고 있어, 이들이 미생물 세포벽을 파괴하여 사멸시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Rahman and Kang, 2009; Eeans *et al.*, 1995). 또한 세포사멸은 첨가물에 의한 영향 이외에 세포구조적 차이에 기인한 것으로 판단될 수 있다. 즉 그람 양성균에 속하는 *L. monocytogenes*와 *S. aureus*의 경우 구조적으로 세포벽 구성성분인 peptidoglycan layer가 가장 외부에 드러나있는 반면 그람 음성균은 peptidoglycan layer 주변을 phospholipid, lipopolysaccharide 및 lipoprotein으로 둘러싸인 형태로 이루어져있어 외부 항균물질 등과 같은 처리에 의해 세포벽 파괴가 잘 이루어지지 않는다(Rahman and Kang, 2009). 이러한 연구결과는 Eeans 등(1995)의 연구결과에서 천연 정향나무(*Syzygium aromaticum*) 추출물이 그람 음성균에서 보다 그람 양성균에서 미생물 억제능이 증가한다는 보고를 통하여 본 연구결과를 잘 뒷받침해 주고 있다. 이외에 Burt(2004)와 Ozcan 등(2003)의 연구에서도 thyme 등의 essential oil을 이용한 항균 실험에서 *E. coli* O157:H7 및 *Pseudomonas* 등 그람음성균에서 미생물 증식억제효과를 나타나지 않았다고 보고하고 있다.

최근 다양한 천연물 및 essential oil 등을 이용하여 방사선 감수성 증진에 관한 연구가 이루어지고 있으며, Turgis 등(2008a, 2008b)의 연구결과에서 양파, 당근, 마늘 및 생강에서 추출한 essential oil의 상대적 방사선 감수성(RRS)이 1.29~1.72인 것을 고려할 때 본 연구에서 사용한 저농도의 정제되지 않은 천연물 첨가에 의한 방사선 감수성 증진 효과는 의미가 있다고 판단된다. 이외에 다양한 육제품 및 육 가공제품에 대해 rosemary, thyme 및 lemon 등을 첨가하여 *Salmonella* spp.와 *L. monocytogenes*에 대

Table 4. Relative radiation sensitivity of *Staphylococcus aureus* (KCTC 11764) inoculated into ground beef with different natural materials

Treatment	Concentration (%)	D_{10} (kGy) ¹⁾	Relative radiation sensitivity ²⁾
Control		0.692	1.000
Garlic	1	0.700	0.989bcd ⁴⁾
	3	0.673	1.029bc
	5	0.688	1.006bc
Onion	1	1.041	0.665efg
	3	1.227	0.564fgh
	5	0.641	1.126b
Black pepper	1	0.703	0.984bc
	3	0.805	0.859bcde
	5	0.824	0.840cde
Hot pepper	1	0.719	0.962bcd
	3	0.766	0.904bcd
	5	0.626	1.105b
Ginger	1	1.387	0.499h
	3	0.952	0.727def
	5	0.754	0.918bcd
Green onion	1	1.324	0.523g h
	3	0.859	0.806cde
	5	0.751	0.922bcd
Carrot	1	0.961	0.720def
	3	0.703	0.984bcd
	5	0.676	1.023bc
Red wine	2 ³⁾	0.396	1.746a
	4	- ⁵⁾	-
	6	-	-

¹⁾ D_{10} value is dose required to inactivate 90% of original population.

²⁾Relative radiation sensitivity = D_{10} of control/ D_{10} after addition of natural material.

³⁾Volume of red wine used were 2, 4 and 6 times (v/w) of meat weight.

⁴⁾Values with different letters (a-h) within a column differ significantly ($p < 0.05$).

⁵⁾Viable cell was not detected with a detection limit at $< 10^2$ CFU/g.

한 방사선 감수성 증진에 관한 연구가 진행되어 왔다 (Mahrouf *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2009).

본 연구에 사용된 천연 부재료들은 우리나라 전통식품 제품인 불고기 재료로 가장 많이 사용되는 재료들로 구성되었으며 실제로 불고기 제조시 사용되는 형태로 실험에 사용하였다. 본 실험결과 몇 가지의 천연 첨가물의 경우 기존의 조리법에 따라 제조한 후 방사선 조사를 이용한 살균시 미생물의 방사선 감수성을 증진시켜 더 효과적인 살균을 기대할 수 있다고 판단된다. 이러한 천연 부재료의 방사선 감수성 증진효과로 인해 병원성 미생물의 외부 스트레스에 대한 감수성이 높아지면 같은 방사선 조사 처리수준에서는 안전성을 더욱 극대화할 수 있고, 또한 낮은 수준의 처리에서도 동일한 살균효과를 나타내어 경제적이며 관능적 특성의 변화를 최소화할 수 있을 것으로 기대한다. 특히 이러한 결과는 우주식품, 환자식품 등 완벽한 멸균이 필요하여 높은 조사선량이 요구되는 특수목적식품 제조에 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 우리나라 식품제품 제조에 주로 사용되는 7종의 천연 부재료와 적색 와인인 분쇄우육에 접종된 병원성미생물의 D_{10} 값과 상대적 방사선 감수성(relative radiation sensitivity; RRS)에 미치는 효과를 관찰하였다. 본 연구에서 사용된 병원성미생물은 *S. Typhimurium*, *E. coli*, *L. monocytogenes* 및 *S. aureus* 균주였으며, 분쇄우육에 첨가한 천연물은 마늘, 양파, 후추, 고추, 생강, 파, 당근 및 적색와인이었다. 분쇄우육에 접종된 *E. coli*의 D_{10} 값은 5% 수준의 마늘을 첨가하였을 경우 유의적으로 감소하였으며(RRS=1.460), 당근(RRS=1.086)과 적색와인(RRS=2.864)의 첨가 또한 유사한 효과를 나타내었다. 대부분의 사용된 천연물은 *L. monocytogenes*의 방사선 감수성 증진에 효과적이었으나 *S. aureus*의 감수성 증진에는 마늘, 양파, 고추, 당근 및 적색와인만이 효과를 보였다. 특히 분쇄우육에 적색와인의 첨가는 *S. Typhimurium* 이외의 나머지 3가지 병원성미생물의 감수성 증진에 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2009-351-F00043 및 F01-2009-000-10037-0)로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- Brooks, J. C., Alvarado, M., Stephens, T. P., Kellermeier, J. D., Tittor, A. W., Miller, M. F., and Brashears, M. M. (2008) Spoilage and safety characteristics of ground beef packed in traditional and modified atmosphere packages. *J. Food Prot.* **71**, 293-301.
- Burt, S. (2004) Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-A review. *Int. J. Food Microbiol.* **94**, 223-253.
- Eeans, S. G., Noble, R. C., Hiltunen, R., Wuryani, W., and Penzes, L. G. (1995) Antimicrobial and antioxidant properties of *Syzygium aromaticum* (L) Merr Perry: Impact upon bacteria, fungi and fatty acid levels in ageing mice. *Flavour Fragr. J.* **10**, 323-328.
- Fang, T. J. and Tsai, H.-C. (2003) Growth patterns of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef treated with nisin, chelators, organic acids and their combinations immobilized in calcium alginate gels. *Food Microbiol.* **20**, 243-253.
- FAO/IAEA/PAHO/WHO (1992) Joint technical consultation on irradiation as a public health intervention measure for food-borne disease in Latin America and the Caribbean, Pan-American Health Organization, Washington DC. pp. 19-21.
- Farkas, J. (1998) Irradiation as a method for decontaminating food: A review. *Int. J. Food Microbiol.* **44**, 189-208.
- Giddings, G. G. (1992) Chemical safety of irradiated foods. In: Food Safety Assessment. Finley, J. W., Robinson, S. F., and Armstrong, D. J., Ed. ACS Symposium Series 484. The American Chemical Society. pp. 332-345.
- Jo, C. and Ahn, D. U. (1999) Fat reduces volatiles production in oil emulsion system analyzed by purge-and-trap dynamic headspace/gas chromatography. *J. Food Sci.* **64**, 641-643.
- Kim, H. Y., Choi, S. H., and Ju, S. E. (1996) A survey of the behaviors on fast food restaurants. *Korean J. Dietary Culture* **11**, 71-82.
- Kim, J. H., Lim, S. Y., Song, H. P., Kim, B. K., Chung, J. W., Yoon, H. J., Byun, M.W., and Kim, D.H. (2005) Microbiological contamination level and radiation sterilization in disposable kitchen utensil. *Korean J. Food Preserv.* **12**, 317-322.
- Kim, H. K., Lee, H. T., Kim, J. H., and Lee, S. S. (2008) Analysis of microbiological contamination in ready-to-eat foods. *J. Fd. Hyg. Safety.* **23**, 285-290.
- Kim, I. S., Lee, S. O., Byun, J. S., Kang, S. N., Min, J. S., and Lee, M. (2000) Physicochemical, microbiological, and sensory characteristics of frozen loins of Han-Woo and imported beef in Korean market. *Kor. J. Anim. Sci.* **42**, 117-124.
- Lacroix, M. and Chriasson, F. (2004) The influence of MAP condition and active compounds on the radiosensitization of *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* present in chicken breast. *Radiat. Phys. Chem.* **71**, 67-70.
- Lacroix, M., Caillet, S., and Shareck, F. (2009) Bacterial radiosensitivity by using radiation processing in combination with essential oil: Mechanism of action. *Radiat. Phys. Chem.* **78**, 567-570.
- Lee, K. T., Lee, Y. K., Lee, J. P., Lee, J. W., Son, S. K., Choi, S. H., and Lee, S. B. (2007) Determination of the prevalence of pathogenic bacteria and the changes in microbiological growth pattern of cured and short-ripened raw ham during

- storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **27**, 127-131.
16. Lee, N. Y., Jo, C., Kang, H. J., Kim, D. S., and Byun, M. W. (2004) Radio-sensitivity of combined pathogens in marinated beef rib (galbi) treated with γ -irradiation and its sensory properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 168-173.
 17. Mahrouf, A., Caillet, S., Nketsia-Tabiri, J., and Lacroix, M. (2003) Microbial and sensorial quality of marinated and irradiated chicken. *J. Food Prot.* **66**, 2156-2159.
 18. Matila-Standholm, T. E. and Skytta, E. (1991) The effect of spoilage flora on the growth of food pathogens in minced meat stored at chilled temperature. *Food Sci. Technol.-LWT* **24**, 116-120.
 19. NASA (2003) Advanced Food Technology Workshop Report (Vol. I). In: Advanced Life Support Project Plan. CTSD-ADV-348 Rev C, JSC-29993, Huston, Texas. pp. 1-2.
 20. Ozcan, G., Sagdic, O., and Ozcan, M. (2003) Inhibition of pathogenic bacteria by essential oils at different concentrations. *Food Sci. Technol. Int.* **9**, 85-88.
 21. Rahman, A. and Kang, S. C. (2009) *In vitro* control of food-borne and food spoilage bacteria by essential oil and ethanol extract of *Lonicera japonica* Thunb. *Food Chem.* **116**, 670-675.
 22. Rumen, K. (2009) Incidence of *Listeria monocytogenes* in beef, pork, raw-dried and raw-smoked sausages in Bulgaria. *Food Control*, **20**, 953-955.
 23. Son, J. H. and Chyun, J. H. (2001) Comparative analysis of satisfaction level on hospital foods in elderly and middle aged patients. *Korean J. Dietary Culture*, **16**, 442-450.
 24. Song, B. S., Park, J. G., Kim, W. G., Kim, J. H., Choi, J. I., Yoon, Y., Byun, M. W., Kim, C. J., and Lee, J. W. (2009) Comparison of the quality of gamma ray- or electron beam-irradiated minced pork and pork patties. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 194-202.
 25. Turgis, M., Borsa, J., Millette, M., Salmieri, S., and Lacroix, M. (2008) Effect of plant essential oils or their constituents and modified atmosphere packaging on radiosensitivity of *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhi in ground beef. *J. Food Prot.* **71**, 516-521.
 26. Turgis, M., Han, J., Borsa, J., and Lacroix, M. (2008a) Combined effect of natural essential oils, modified atmosphere packaging, and gamma irradiation on the microbial growth on ground beef. *J. Food Prot.* **71**, 1237-1243.
 27. Welch, A. B. and Maxcy, R. B. (1975) Characterization of Radiation-Resistant vegetative bacteria in beef. *Appl. Microbiol.* **35**, 242-250.
 28. WHO (1981) Wholesomeness of irradiated food (Report of Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee). Technical Report Series 890 Geneva, Switzerland.
 29. Zhang, H., Kong, B., Xiong, Y. L., and Sun, X. (2009) Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere fresh pork and vacuum package ham slices stored at 4°C. *Meat Sci.* **81**, 787-692.

(Received 2010.4.19/Revised 1st 2010.7.1, 2nd 2010.8.11/
Accepted 2010.8.13)