

감마선 조사와 실크 펩타이드 병용처리가 세균의 방사선 감수성 및 햄버거 패티의 저장 안정성에 미치는 영향

김재훈 · 박진규 · 송범석 · 이주운 · 김왕근¹ · 황영정² · 변명우[†]

한국원자력연구원 방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀,

¹조선대학교 일반대학원 응용과학과, ²진주국제대학교 식품과학부

Combined Effect of Gamma Irradiation and Silk Peptide on the Radio-sensitivity of Bacteria and Storage Stability of Ready-to-eat Hamburger Patty

Jae-Hun Kim, Jin-Gyu Park, Beom-Seok Song, Ju-Woon Lee,
Wang-Geun Kim¹, Young-Jeong Hwang² and Myung-Woo Byun[†]

Team for Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongseup 580-185, Korea

¹Department of Application Science & Technology, Chosun University, Gwangju, 501-759, Korea

²Division of Food Science, Jinju International University, 660-759, Jinju, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the combined effect of gamma irradiation and silk peptide on the radiosensitivity of bacteria and the storage stability of ready-to-eat hamburger patty. The D_{10} values obtained for *Escherichia coli*, *Listeria ivanovii*, *Salmonella typhimurium*, and *Clostridium sporogenes* by gamma irradiation were 0.25, 0.50, 0.55 and 1.35 kGy, respectively. The inactivation rate of *S. typhimurium* ($D_{10} = 0.53$ kGy) inoculated into hamburger patty with 5% (w/w) silk peptide was reduced 6% compared with the control ($D_{10} = 0.558$ kGy). In acceleration storage at 30°C, microorganisms were not observed in samples irradiated with 7 kGy or 10 kGy during storage. However, the irradiation at 5 kGy was insufficient to sterilize the contaminated microorganisms in hamburger patty regardless of the addition of silk peptide (5%). These results indicate that the combined treatment of gamma-irradiation and silk peptide admixture could be helpful to ensure storage stability of ready-to-eat hamburger patty, by controlling the preliminary microbial load.

Key words : hamburger patty, gamma irradiation, silk peptide, radio-sensitivity, storage stability

서 론

최근 과학과 산업이 발달함에 따라 식생활이 다양화되고 식문화가 서구화되면서 외식 산업의 발달과 함께 편의식품 (convenience foods)과 즉석식품(ready-to-eat / ready-to-cook foods)의 수요가 증대되고 있다(1). 이들 즉석식품에서 고기 완자 및 햄버거 패티와 같은 분쇄육 가공제품은 제조 시 분쇄 또는 혼화 과정에서 미생물의 2차 오염에 의해 *Listeria*

monocytogenes 등과 같은 식품기인 위해 미생물이 성장하여 안전성에 문제가 될 수 있다(2). 한편, 방사선 조사기술은 대표적인 비가열 살균처리 기술로서 식품을 완전히 포장한 상태에서 처리할 수 있어 식품의 이차 오염 없이 안전하게 생산할 수 있으며, 환경공해 및 위해성에 문제가 되고 있는 화학적 훈증처리의 대체방법으로 이용되고 있다(3,4). 최근 미국의 경우 학교급식 식중독 예방을 위해 2002년 식육 및 식육가공품에 방사선 조사를 허가하고, 2004년부터 단체급식 프로그램에 방사선 조사된 식육제품을 공급하고 있는 등 국제적으로 식품의 안전성을 확보하기 위한 방법으

[†]Corresponding author. E-mail : mwbyun@kaeri.re.kr,
Phone : 82-63-570-3200, Fax : 82-63-570-3202

로 이용되고 있다(5).

실크 단백질은 섬유상 단백질로 되어있는 피브로인(fibroin)과 이것을 감싸고 있는 구상 단백질인 세리신(sericin)으로 구성되어 있으며, 실크 펩타이드는 피브로인을 가수분해하여 얻어지는데(6), 혈당강하, 혈장콜레스테롤 강하 및 항산화 효능 등 다양한 생리활성(7-10)이 밝혀지면서 식품 및 화장품 등에 활용하기 위한 연구 및 산업화가 활발히 진행되고 있다(11-14). 그러나 실크 펩타이드의 미생물에 대한 항균활성 및 미생물의 방사선 감수성에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 대표적인 즉석·편의식품인 햄버거 패티를 모델로 다양한 기능성을 나타내는 실크 펩타이드와 감마선 조사 병용처리가 주요 병원성 미생물의 감수성에 미치는 영향에 대해 분석하고 저장기간 동안 햄버거 패티의 미생물학적 품질 안정성에 미치는 영향을 평가하였다.

재료 및 방법

재료 및 햄버거 패티의 제조

햄버거 패티는 국내 생산업체에서 상용하는 방법을 이용하여 제조하였다. Table 1과 같이 원료 및 부재료를 준비한 후 배합 순서에 맞게 혼합하였다. 시료의 혼합은 각각의 원료를 배합순서에 맞게 혼합기(M15 mixer, Falsf Co.,

Spain)에 넣은 후 1차 혼합 8분, 2차 혼합 2분, 3차 혼합을 1분간 실시하여 혼합하였다. 이때, 실크 펩타이드(Fineco, Ltd, Chunchon, Korea)는 1차 혼합 시 각각 3.0, 5.0, 7.0% (w/w)를 첨가하였으며, 방사선 감수성 및 햄버거 패티의 저장 안정성을 평가하기 위한 시료는 실크 펩타이드를 5% 첨가하였다. 혼합육(meat mixture)을 100 g 정도의 무게와 10 mm의 두께를 갖도록 Mould ($\phi 105 \times 10 \text{mm}$)를 이용하여 성형한 후 가열처리를 실시하였다. 가열은 85°C로 예열된 Cooker (NUVUES-3 cooker, Menominee, Mich, USA)에서 중심온도가 70°C가 될 때까지 실시한 후 상온에서 방냉하고 알루미늄과 PE가 라미네이팅된 복합필름 포장재를 사용하여 진공 포장하였다. 한편, 감마선 조사된 햄버거 패티는 가속저장 조건인 30°C Incubator (Fisher Isotemp, Fisher Scientific Inc., Pittsburgh, PA, USA)에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

감마선 조사

감마선 조사는 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설 (IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)을 이용하여 실온(20±1°C)에서 분당 70 Gy의 선량률로 흡수선량이 5, 7, 10 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 dosimeter(Ceric cerous dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다.

햄버거 패티 모델을 이용한 미생물의 방사선 감수성 평가

Escherichia coli KCTC 1039, *S. typhimurium* KCTC 1925, *Listeria ivanovii* KCTC 3444 및 *Clostridium sporogenes* KCCM 12161의 감마선에 대한 D_{10} 값을 산출하기 위해 햄버거 패티를 제조한 후 30 kGy로 감마선을 조사하여 시료에 존재하는 미생물을 완전히 멸균시켰다. 접종에 이용할 시험 균주는 다음과 같은 방법으로 배양하였다. *E. coli*와 *S. typhimurium*은 Tryptic soy broth (TSB, Difco. Co.)에, *L. ivanovii*는 yeast extract 0.6%를 첨가한 TSB에 접종하여 37°C에서 1일간 배양하여 1차 배양을 하였다. *C. sporogenes*는 beef extract 0.2%를 첨가한 TSB에 접종하여 혐기적 조건에서 배양하였다. 이후 멸균된 시료 100 g에 2.0×10^8 CFU/mL의 미생물 배양액 10 mL을 접종하여 감마선을 조사하였다. 즉, *E. coli*, *S. typhimurium*, 및 *L. ivanovii*를 접종한 햄버거 패티는 흡수선량이 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0 kGy가 되게, *C. sporogenes*를 접종한 햄버거 패티는 흡수선량이 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 kGy가 되도록 조사하여 생존한 미생물의 수를 확인하고 D_{10} 값을 산출하였다. 한편, 미생물 검사를 위한 시험액은 시료 10 g에 대하여 멸균된 0.1%의 peptone수를 100 mL까지 채워 2분간 Stomacher (Mark II Lab Blender, Tekmar Teledyne Technologies Inc., Mason, Ohio, USA)를 이용하여 균질화 하여 10진 희석법으로 희석

Table 1. Formula for manufacturing hamburger patty

Material	Content (%)	Remark ¹⁾
Beef (round part)	12.4	1
Pork (ham part)	39.1	1
Pork back fat	16.4	1
Iced water	6.1	1
Ginger	1.0	2
Onion	8.5	2
Egg white	4.3	2
Tomato catsup	1.6	2
Isolated soy protein	4.1	2
Dried bread powder	4.1	3
Nutmeg powder	0.05	1
NaCl	0.63	1
Flavor enhancing wine	0.41	1
Black pepper powder	0.21	1
Red color reagent	0.01	1
Trisodium phosphate	0.21	1
Sugar	0.83	1
Sum	100	

¹⁾Numbers in remark indicate the order of addition of materials in a mixer.

한 희석액을 각각의 선택배지에 도말하였다. 햄버거 패티에 접종된 병원성 미생물 분석을 위해 균주에 따른 선택배지를 사용하였으며, 선택배지로 *E. coli*는 Eosin Methylene Blue agar (EMB, Difco. Co.)를 *S. typhimurium*는 *Salmonella/Shigella* agar (SS, Difco. Co.), *L. ivanovii*는 L-Palcam broth (Merck)에 Listeria selective enrichment supplement (Merck)와 1.5% agar를 첨가하여 사용하였다. *C. sporogenes*는 Reinforced clostridial medium (RCA, Oxoid)을 사용하였다. 이때 30-300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 시료 1 g당 colony forming unit (CFU)로 나타냈으며, 미생물 검출을 위한 최소 한계치는 10² CFU/g이었다.

pH 측정 및 통계처리

시료 5 g을 취하여 증류수 200 mL과 혼합하여 균질기로 균질화한 후 pH meter (Mettler, Delta 350, USA)를 사용하여 햄버거 패티의 pH를 측정하였다. 통계처리는 각 항목에 대해 동일한 실험을 5회 반복 실시하여 얻어진 결과들을 SAS[®] software (15)에서 프로그램된 general linear model procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다(P<0.05).

결과 및 고찰

미생물의 감마선 감수성 평가

햄버거 패티에 4종의 미생물을 접종한 후 감마선 조사선량에 따른 사멸곡선 및 D값을 Fig. 1과 2 및 Table 2에 나타냈다. 그 결과 미생물의 종류에 따라 감마선 감수성이 다른 것으로 나타났는데, *E. coli*의 D₁₀ 값은 약 0.25 kGy로서 시험 균주중 감마선 저항성이 가장 낮았다. 또한, *S. typhimurium*과 *L. ivanovii*의 D₁₀ 값은 약 0.50~0.55 kGy로 비슷한 저항성을 갖는 것으로 나타났으며, *C. sporogenes*는 1.35 kGy로 저항성이 가장 높았다. 본 연구에서 사용한 시험균주는 *S. typhimurium*을 제외하고는 대부분이 병원성이 없고 유사한 생리적 특성을 나타내는 시험균주이므로 관련된 종(species)의 미생물을 평가하는데 있어서 안전하고, 유용하게 사용될 수 있다(16). Molins(17)는 육류 및 육제품을 대상으로 *E. coli*와 *E. coli* O157:H7에 대한 방사선 감수성을 측정한 결과 D₁₀ 값이 0.11 ~ 0.63 kGy 라고 보고하여 본 실험 결과와 유사하였다. *L. monocytogenes*는 냉장 조건에서도 생육할 수 있는 매우 독성이 강한 미생물로서 본 연구결과에서 *L. ivanovii*를 사용하였을 때, Lee 등(18)의 결과와 유사한 D₁₀ 값을 얻을 수 있었다. 다른 미생물의 경우도 거의 같은 D₁₀ 값을 얻을 수 있었는데, 특히 혐기적 포장시 생육이 우려되는 *C. perfringens*나 *C. botulinum*의 D₁₀ 값은 약 1.2~1.4 kGy로 본 연구에서 얻은 1.35 kGy와 거의 같았다(19). 한편 실크 펩타이드를 5% 첨가한 경우

*S. typhimurium*의 D₁₀은 0.558 kGy에서 0.530 kGy로 6% 감소하였으며, 이는 실크 펩타이드의 항균활성에 의한 영향인 것으로 판단되었다(7).

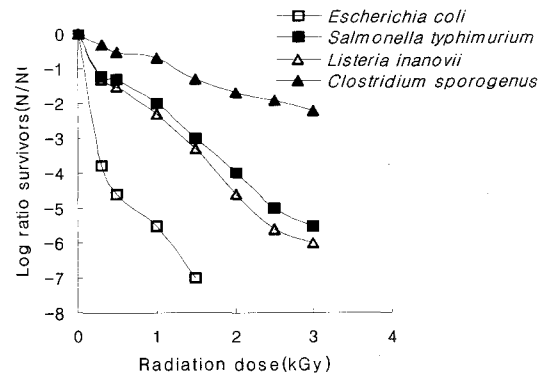


Fig. 1. Radio-sensitivities of different bacteria inoculated in the hamburger patty.

Table 2. D₁₀ and 12D values of different bacteria inoculated in the hamburger patty non-added or added with 5% (w/w) of silk peptide

Strain	D ₁₀		12D	
	Control	Silk	Control	Silk
<i>E. coli</i>	0.250	0.246	3.000	2.952
<i>S. typhimurium</i>	0.558	0.530	6.696	6.360
<i>L. ivanovii</i>	0.504	0.497	6.048	5.964
<i>C. sporogenes</i>	1.348	1.340	16.176	16.080

실크 펩타이드 첨가량에 따른 햄버거 패티의 초기 오염미생물 변화

실크 펩타이드 첨가량에 따른 햄버거 패티의 미생물 오염도는 Table 3과 같았다. 가열처리를 끝낸 실크 펩타이드 무첨가구 시료에서는 약 6 log CFU/g의 미생물이 존재하는 것으로 나타나 가열처리를 하였음에도 불구하고 여전히 미생물학적 위해도가 높은 것으로 평가되었다. 그러나 실크 펩타이드 첨가구의 경우 첨가량이 증가함에 따라 미생물 수가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 실크 펩타이드의 항균활성을 측정 한 결과 *Bacillus* 등의 부패/병원성 미생물의 생육을 억제하는 효과가 있었다는 결과를 뒷받침한다(7). 한편, 햄버거 패티에 감마선 조사와 로즈마리 추출분말을 병용처리할 경우 로즈마리 추출분말의 첨가량이 증가함에 따라 초기 미생물 오염도가 감소하였다는 보고와 유사함을 알 수 있었다(20). 일반적으로 육제품을 포함한 가공식품의 초기미생물 제어는 식품의 위생성, 안전성 및 저장성을 확보하는데 있어 매우 중요하다고 알려져 있는데(21), 식품의 저장 초기에 총균수가 많으면 부패 변질에 도달하는 시간이

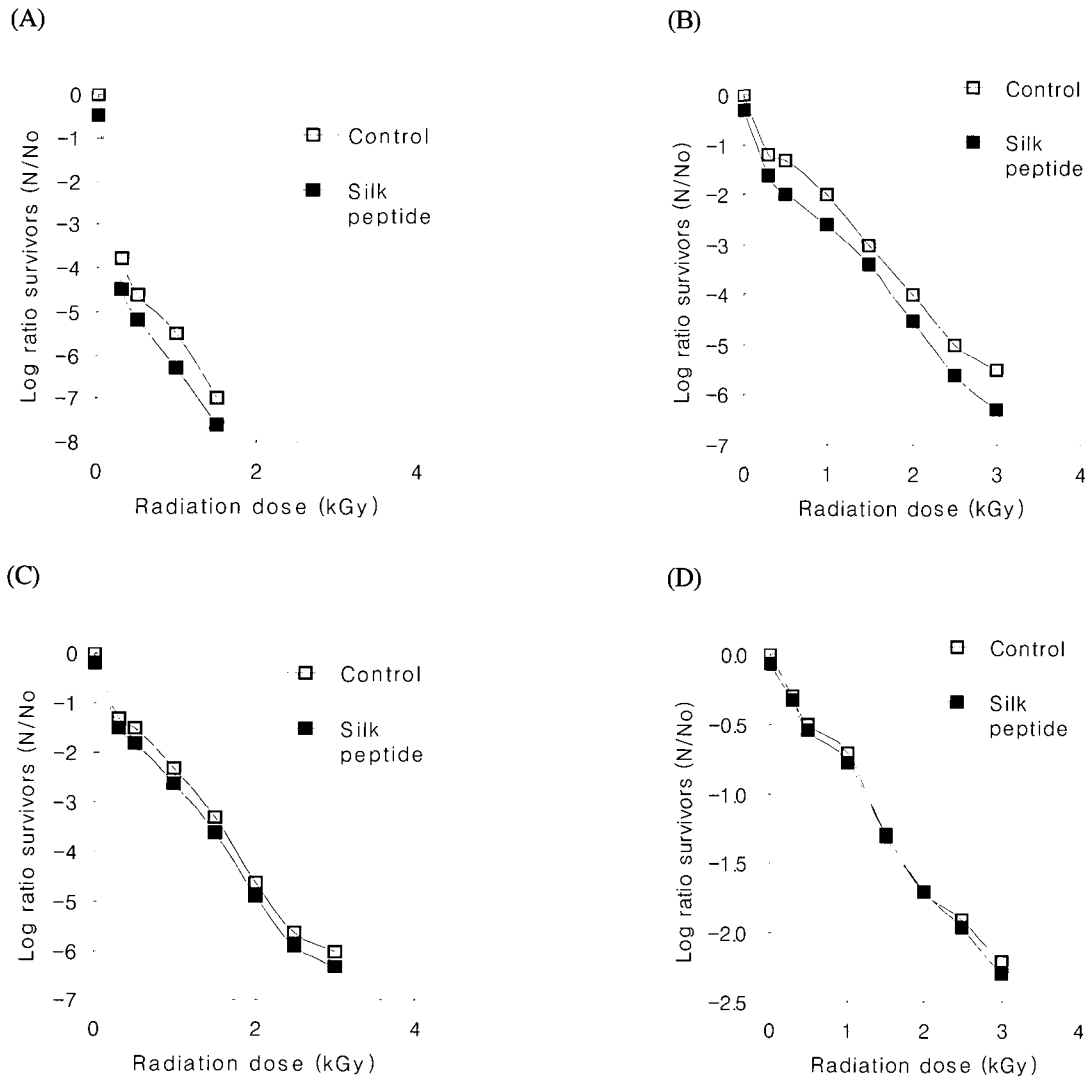


Fig. 2. Effects of the addition with 5% (w/w) of silk peptide in the hamburger patty on the radio-sensitivities of different bacteria; (A) *E. coli*, (B) *S. typhimurium*, (C) *L. ivanovii* and (D) *C. sporogenes*.

짧아지므로 저장 초기의 총균수가 적을수록 저장성이 좋아진다고 볼 수 있다(22). 따라서 실크 펩타이드 첨가는 방사선 조사와 같이 다른 식품 살균기술과 함께 사용한다면 식품의 초기오염 미생물을 제어하는데 도움이 되는 것으로 판단된다.

Table 3. Total viable cell counts in the hamburger patty added with different contents of silk peptide

Silk peptide content (%)	Total viable cells (Log CFU/g)
0	6.33
3.0	6.21
5.0	5.95
7.0	5.72

햄버거 패티의 가속저장 중 미생물 생육 변화

감마선과 실크 펩타이드를 병용처리하여 제조한 즉석 햄버거 패티의 미생물 오염도는 Table 4와 같았다. 즉, 가열처리 후 감마선 비조사구의 총균수는 6.15 log CFU/g 으로 나타났으며, 감마선 조사한 햄버거 패티의 미생물수는 5 kGy 이상의 감마선 조사에 의해 모두 검출한계 (2 log CFU/g) 이하로 나타나, 감마선 조사가 햄버거 패티의 초기 미생물 감소에 효과적임을 입증하였다. Lee 등(23)은 햄 제품에 감마선을 조사하여 미생물학적 안전성을 평가하였는데, 균종별로 차이를 보였으나 3 kGy 이상의 선량으로 감마선을 조사할 때 초기균수가 검출한계 이하로 나타났다고 보고한 바 있다. 한편 햄버거 패티를 30°C 온도에서 가속저장 중 미생물 생육변화를 분석한 결과 총 미생물 수는 점차 증가하여 비조사구의 경우 저장 3일째 약 8 log CFU/g 의 미생물이 생육하여 이미 부패가 진행되는 것으로 확인되

었다. 한편 감마선 조사구의 경우 5 kGy 감마선 조사구는 저장 1일째부터 미생물 생육이 시작되어 저장 5일째 약 8 log CFU/g의 미생물이 생육한 것으로 나타났다. 그러나, 7 kGy 이상의 선량에서는 저장 7일째 까지 미생물이 검출되지 않은 것으로 나타났다. 한편, 감마선과 실크 펩타이드를 병용처리하여 제조한 즉석 햄버거 패티의 미생물 오염도를 살펴볼 때, 감마선 단독처리를 했을 때보다 미생물 수가 전체적으로 감소하여 실크 펩타이드 첨가에 의한 상승효과가 나타났다. 특히 5 kGy의 감마선 조사구의 경우 실크 펩타이드 첨가에 의해 미생물 생육이 지연되어 무첨가구에 비해 저장기간이 연장됨을 확인할 수 있었다.

Table 4. Total viable cell counts in the hamburger patty treated with different gamma irradiation doses and silk peptide contents during storage at 30 °C

Silk peptide content (%)	Dose (kGy)	Storage (day)				
		0	1	3	5	7
0	0	6.15	7.62	8.52	¹⁾	-
	5	ND ²⁾	2.90	5.32	8.11	-
	7	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND
5.0	0	5.90	7.32	8.12	-	-
	5	ND	ND	4.32	6.91	8.32
	7	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾Bar indicates no determination due to spoilage.

²⁾Not detected with the detection limit <10² CFU/g.

pH의 변화

가속저장 기간 중 감마선 단독처리와 실크 펩타이드를 병용처리한 햄버거 패티의 pH 변화를 Table 5에 나타냈다. 저장 전 햄버거 패티의 pH는 약 6.2~6.4 정도였으며, 실크 펩타이드 5% 첨가구의 pH는 무첨가구에 비해 약간 높게 나타났으나, 감마선 조사에 의한 pH 변화는 없는 것으로 나타났다. 가속저장 중 pH 변화는 미생물 생육결과와 유사하여 미생물 생육이 증가할수록 pH는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 햄버거 패티에 첨가된 탄소원이 미생물 대사에 의해 산을 생성하였기 때문인 것으로 분석되며, Langlois 등(24)은 저장기간이 경과함에 따라 pH가 감소하는 것은 미생물의 성장에 따른 젖산의 생성 때문이라고 보고하여 본 결과와 일치하였다. 한편, 7 kGy 이상 감마선 조사구의 pH는 저장 7일째까지 변화가 없는 것으로 나타나 미생물 생육결과와 일치하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 실크 펩타이드는 약간의 미생물 제어효과가 있는 것으로 나타났으나, 햄버거 패티의 저장 안정성을 크게 개선시킬 수 없는 것으로 판단되었

다. 그러나, 실크 펩타이드를 감마선 조사와 병용처리시 상승작용에 의해 그 효과가 더욱 향상되는 것으로 나타났기 때문에 실제 햄버거 패티와 같은 육가공품의 저장안정성을 증진을 위해 효과적으로 활용될 수 있는 것으로 기대되었다.

Table 5. pH of the hamburger patty treated with different gamma irradiation doses and silk peptide contents during storage at 30 °C

Silk peptide content (%)	Dose (kGy)	Storage (days)					SEM ¹⁾
		0	1	3	5	7	
0	0	6.28	6.04	4.34	²⁾	-	0.10
	5	6.23	6.10	6.02	5.16	-	0.12
	7	6.25	6.25	6.27	6.23	6.20	0.09
	10	6.26	6.23	6.24	6.14	6.22	0.10
	SEM	0.09	0.08	0.05	0.10	0.09	
5.0	0	6.38	6.09	4.88	-	-	0.08
	5	6.42	6.12	6.05	5.82	-	0.05
	7	6.43	6.36	6.31	6.30	6.23	0.06
	10	6.39	6.35	6.25	6.36	6.28	0.10
	SEM	0.11	0.05	0.06	0.08	0.09	

¹⁾SEM : Standard error of the means.

²⁾Bar indicates no determination because of spoilage.

요 약

본 연구는 감마선 조사와 실크 펩타이드 병용처리가 세균의 방사선 감수성 및 햄버거 패티의 저장 안정성에 미치는 영향을 평가하기 위해 실시되었다. 멸균된 햄버거 패티에 접종된 4종의 세균에 대한 감마선 D₁₀ 값은 *E. coli* 0.25 kGy, *L. ivanovii* 0.50 kGy, *S. typhimurium* 0.55 kGy, *C. sporogenes* 1.35 kGy 이었다. 실크 펩타이드 5% 첨가 햄버거 패티에 접종된 *S. typhimurium*의 D₁₀ 값은 대조구의 0.558 kGy에서 0.53 kGy로 6% 낮아지는 것으로 나타났다. 한편, 30°C 가속 저장조건에서 햄버거 패티의 미생물 생육도를 측정 한 결과 7 kGy 이상의 감마선 조사에 의해 저장기간 동안 미생물이 검출되지 않았으며, 실크 펩타이드 7% 첨가 시 대조구에 비해 약 1 log cycle의 미생물 생육 감소를 확인하였다. 따라서 실크 펩타이드 첨가는 방사선 조사와 같이 다른 식품 살균기술과 함께 사용한다면 식품의 초기오염 미생물을 제어하여 저장 안정성을 확보하는데 도움이 되는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 과학재단의 지원을 받아 2007

년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 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
- Passon, M.H.C.R. and Kuaye, A.Y. (2002) Influence of the formulation, cooking time and final internal temperature of beef hamburger on the destruction of *Listeria monocytogenes*. Food Control, 13, 33-40
- Thayer, D.W., Boydm G., Foxm J.B., Lakritzm L. and Hampson, J.W. (1994) Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meats. J. Food Sci., 60, 63-67
- Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci. Ind., 30, 89-100
- Anon (2003) Irradiation enhances food safety and quality. Food Prot. Trends, 23, 593-574
- Guoding, C., Mitsuo, A. and Kiyoshi, H. (1996) Isolation of tyrosine from silk fibroin by enzyme hydrolysis. Jpn. J. Sericult. Sci., 65, 182-184
- Takeshita, H., Ishida, K., Kamiishi, Y., Yoshii, F. and Kume, T. (2000) Production of fine powder from silk by radiation. Macromol Mater Eng., 283, 126-131
- Sugiyama, K., Kushima, Y. and Muramatsu, K. (1985) Effect of sulfur containing amino acids and glycine on plasma cholesterol level in rats fed on a high cholesterol diet. Agric. Biol. Chem., 49, 3455-3461
- Bidlingmeyer, B.A., Cohen, S.A., Taruin, T.L. and Frost, B. (1987) A new rapid high sensitivity analysis of amino acid in food type samples. J. Assoc. Anal. Chem., 70, 241-253
- Takano, R., Chen, K. and Hirabayashi, K. (1991) Production of soluble fibroin powder by hydrolysis with hydrochloric acid and physical properties. Jpn. J. Sericult. Sci., 60, 358-362
- Chen, K., Umeda, Y. and Hirabayash, K. (1995) Enzymatic hydrolysis of silk fibroin. Jpn. J. Sericult. Sci., 65, 131-133
- Yeo, J.H., Lee, K.G., Kweon, H.Y., Han, S.M., Park, K.H., Kim, S.S. and Shin, B.S. (2006) Application for dietary resources by silk protein. Korean J. Seric. Sci., 48, 6-10
- Hwang, Y.J. and Kim, K.O. (2004) A study of functional jeolpyon prepared with silk protein. Korean J. Human Ecol., 7, 43-50
- Kim, Y.H. (2004) Effect of silkpeptide on physicochemical properties of bread dough. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 246-254
- SAS Institute (1988) SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Maron, D.M. and Ames, B.N. (1983) Revised methods for Salmonella mutagenicity test. Mutation Res., 113, 173-215
- Molins, R.A. (2001) Food irradiation: principles and application. John Wiley & Sons Inc., New York, U.S.A., p 131-191
- Lee, N.Y., Jo, C., Kang, H.J., Hong, S.P., Kim, Y.H., Lee, K.H. and Byun, M.W. (2005) Microbiological and mutagenical safety evaluation of gamma irradiated ready-to-eat foods of animal origin. Korean J. Food Sci. Animal Resour., 25, 13-19
- Rhee, C.O. and Kim, S.K. (1976) Relation between radiation resistance and sodium chloride spores sensitivity of *Clostridium botulinum*. Korean J. Microbiol. Biotechnol., 4, 35-41
- Oh, S.H., Kim, J.H., Lee, J.W., Lee, Y.S., Park, K.S., Kim, J.G., Lee, H.L. and Byun, M.W. (2004) Effects of combined treatment of gama irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks: I. Microbiological quality and shelf-life. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 33, 687-693
- Park, K.J., Jung, S.W., Park, B.I., Kim, Y.H. and Jeong, J.W. (1996) Initial control of microorganism in *Kimchi* by the modified preparation method of seasoning mixture and the pretreatment of electrolyzed acid-water. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 1104-1110
- Song, H.J., Moon, G.I., Moon, Y.H. and Jung, I.C. (2000) Quality and storage stability of hamburger during low temperature storage. Korean J. Food Sci. Animal Resour., 20, 72-78
- Lee, N.Y., Jo, C., Kang, H.J., Hong, S.P., Kim, Y.H., Lee, K.H. and Byun, M.W. (2005) Microbiological and mutagenical safety evaluation of gamma irradiated ready-to-eat foods of animal origin. Korean J. Food Sci. Animal Resour., 25, 13-19
- Langlosis, B.E. and Kemp, J.D. (1974) Microflora of fresh and dry-cured hams and affected by fresh ham storage. J. Animal Sci., 38, 525-528