

감마선 조사와 로즈마리 추출분말 병용처리가 즉석 햄버거 스테이크에 미치는 영향: I. 미생물학적 특성 및 저장성

오상희¹ · 김장호¹ · 이주운¹ · 이유석¹ · 박경숙² · 김종균² · 이효구³ · 변명우^{1*}

¹한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학연구팀

²세종대학교 생활과학과

³공주대학교 식품공학과

Effects of Combined Treatment of Gamma Irradiation and Addition of Rosemary Extract Powder on Ready-to-Eat Hamburger Steaks: I. Microbiological Quality and Shelf-life

Sang-Hee Oh¹, Jang-Ho Kim¹, Ju-Woon Lee¹, You-Seok Lee¹, Kyung-Sook Park²,
Jong-Goon Kim², Hyo-Ku Lee³ and Myung-Woo Byun^{1*}

¹Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute,
Daejeon 305-353, Korea

²Dept. of Human Life Science, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

³Dept. of Food Technology, Kongju National University, Chungnam 340-802, Korea

Abstract

The objective of this study was to evaluate the combined treatment effect of gamma irradiation and rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks. After irradiation at 5, 10 and 20 kGy, hamburger steaks manufactured with rosemary extract powder (200 and 500 ppm) were stored at 5°C for 4 months and at 30°C for 3 weeks. Total aerobic bacteria count of the ready-to-eat hamburger steak was approximately 5 log CFU/g level. All doses of gamma irradiation were effective in reducing the population of total aerobic bacteria and coliform bacteria in hamburger steaks. In hamburger steaks irradiated at 20 kGy, the microbial growth was not observed during storage. The shelf-life of hamburger steaks were determined by microbiological counts of 10⁶~10⁷ CFU/g and those of the steaks irradiated at 0, 5 and 10 kGy were ranged among 14, 28~42 and 98~112 days, respectively. The shelf-life of both irradiated hamburger steaks added with 500 ppm rosemary extract powder at 5 and 10 kGy was extended more 14 days than non-added sample. Results suggested that both gamma irradiation and rosemary extract powder may improve the shelf-stability of ready-to-eat hamburger steak. However, when the storage temperature was abused (30°C), the rosemary extract powder had not sufficient effect on the shelf-stability of hamburger steaks.

Key words: hamburger steak, gamma irradiation, rosemary extract, microbiological, shelf-life

서 론

최근 식문화의 서구화와 젊은 층 중심의 소비구조로 인해 편의식(convenience food) 및 즉석식품(ready-to-eat/ready-to-cook foods)의 수요가 증가되고 있다(1). 이들 즉석식품에서 고기 완자 및 햄버거 스테이크(혹은 햄버거 패티)와 같은 분쇄육 가공제품이 차지하는 비중이 크게 증가되고 있으나 이러한 분쇄육 가공제품은 분쇄 또는 혼합 과정에서 미생물의 2차 오염의 위험성이 크므로 제조 및 유통과정에 철저한 관리가 요구된다(2). 즉석 육가공제품은 제조된 후 대부분 냉장 또는 냉동상태로 유통되지만 이러한 육제품은 영양소와

수분이 풍부하게 함유되어 있어 미생물이 생육하기에 좋은 조건이므로 저온 유통과정 중에도 부주의하게 취급할 경우 미생물의 성장에 의해 쉽게 부패될 수 있다(2). 특히, *Listeria monocytogenes*와 같은 냉장 온도에서도 자랄 수 있는 식중독균의 성장으로 식품의 위생성뿐 아니라 안전성 또한 위협받을 수 있다(3). 육제품의 미생물적 안전성을 확보하기 위한 가공법으로 방사선 조사기술이 연구되고 있으며(4-6), 미생물 제어로 인한 위생성 증진 효과와 그 안전성 또한 입증되었다(7).

한편, 로즈마리(*Rosmarinus officinalis*)는 예로부터 서양에서 향신료로 사용되어 왔으며(8), 최근에는 향산화성(9),

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-868-8060, Fax: 82-42-868-8043

콜다공증예방효과(10), antihepatotoxic activity(11), anti-AIDS activity(12), 항돌이변이(13) 및 항암효과(14) 등의 여러 기능성이 보고되고 있다. 몇몇 연구자들은 이러한 기능성 외에 항균효과(15)가 있다고 보고하였으며, Djenane 등(16)은 직접 육제품에 적용하여 그 효과를 입증한 바 있다.

가속저장 시험은 저장 온도를 높여 미생물 생육 속도 및 품질변화 속도를 증가시켜 단시간 내에 저장 및 유통 중 식품의 품질 변화양상과 미생물의 한계 및 그 기간을 측정 또는 예측하는데 사용되는 방법(17)으로 가속저장 시험을 통해 복합조미료(18) 및 고추장(19)의 저장 중 품질변화와 유통기한을 예측한 연구가 보고된 바 있다. 본 연구에서는 감마선 조사기술과 항산화제 및 항균제로 알려진 로즈마리 추출분말을 병용처리하여 즉석 햄버거 스테이크의 미생물학적 안전성 및 저장성 개선 효과를 평가하였으며, 냉장저장과 가속저장을 병행하여, 가속시험법으로 단기간 내에 미생물학적 특성을 파악할 수 있는지 그 가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

햄버거 스테이크의 제조

본 실험에 사용한 햄버거 스테이크는 Table 1과 같이 원료 및 부재료를 준비한 후 배합 순서에 맞게 혼합하였다. 시료의 혼합은 각각의 원료를 배합순서에 맞게 혼합기(M15 mixer, Falsf Co., Barcelona, Spain)에 넣은 후 60 rpm/min의 속도로 1차 혼합 8분, 2차 혼합 2분, 3차 혼합을 1분간 실시하여

Table 1. Formula for manufacturing hamburger steak

Materials	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
Antioxidant ²⁾		1
Sum	100	

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

²⁾Antioxidant indicates rosemary extract powder and was added with 200 or 500 ppm to total weight. Iced water of the equal weight was used as control.

혼합하였으며, 로즈마리 추출분말(Rosemary Gold, Cedar-vale Natural Health Inc., Cedar Vale, USA)은 1차 혼합시 첨가하였다. 혼합육(meat mixture) 50 g을 mould(5×5×φ 1 cm)를 이용하여 10 mm의 두께로 성형한 후 가열 처리하였다. 가열은 85°C로 예열된 Cooker(NU-VU ES-3 cooker, Food Service System, Menominee, USA)에서 중심온도가 75°C가 될 때까지 실시한 후 상온에서 방냉하고 알루미늄과 PE가 라미네이팅된 멸균된 복합필름 포장재(MULTIVAC, Wolfertxchwenden, Germany)에 포장 기기(Leepack, Hanguk Electronic, Gyungi, Korea)를 이용하여 혼합가스(CO₂:N₂, 25:75)로 치환, 충전하여 포장하였다.

감마선 조사 및 저장 시험

시료의 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 선량율로 흡수선량이 5, 10 및 20 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 Ceric cerous dosimeter(Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다. 감마선 조사된 시료는 5°C에서 4개월 동안 냉장 저장하며 2주 간격으로 시험을 실시하였으며, 가속저장시험을 위해 30°C에서 3주간 저장하면서 시험하였다.

미생물 생육 시험

햄버거 스테이크를 주어진 조건에서 저장하면서 저장기간 동안 총균수 및 대장균군, *Pseudomonas* spp 및 *Salmonella/Shigella* spp를 검사하였다.

미생물 시험을 위해 시료 10 g을 clean bench내에서 멸균 nylon bag(10×15cm; Sunkyoung Co., Ltd., Seoul, Korea)에 담아 시료 중량의 9배의 멸균 peptone 수(0.1%함유, Difco Lab., Detroit, USA)를 넣고 Stomacher Lab Blender(Model 400, Tekmar Co., LA, USA)로 2분간 균질하여 시험액으로 사용하였다. 시험액을 각 미생물의 적정 선택배지에 접종하고 적정 배양온도에서 2~4일간 배양하여 생성된 colony를 계수하였다. 각 미생물군의 선택배지와 배양온도는 다음과 같다. 총균수는 nutrient agar(Difco, Detroit, USA), 대장균군은 EMB agar(Difco, Detroit, USA), *Pseudomonas* spp는 GSP agar(Merck, KGaA, Germany), *Salmonella/Shigella* spp는 SS agar(Difco, Detroit, USA)를 사용하여 검사하였다. 총균수 및 *Pseudomonas* spp는 30°C, 대장균군과 *Salmonella/Shigella* spp는 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 형성된 집락을 계수하였다. 이 때, 대장균군은 EMB 배지에서 검은 집락 또는 금속성을 띠는 흑녹색의 집락을 계수하였다. 미생물 수는 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었다. 검출을 위한 최소 계수 한계치는 10¹ CFU/g이었다.

통계처리 및 결과의 평가

모든 실험은 4회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들을 SAS[®] software(20)에서 프로그램된 general linear model

procedures, least square 평균값을 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

초기 미생물 오염도

로즈마리 추출분말이 첨가된 즉석 햄버거 스테이크를 중심온도 70°C가 될 때까지 가열한 후 감마선 조사 직후 초기 미생물 수는 Table 2와 같다. 비조사구의 총 미생물의 오염도는 5 log CFU/g 수준이었으며, 단백질식품 부패미생물인 *Pseudomonas* spp는 약 3 log CFU/g 수준으로 검출되었으나, 5 kGy 이상의 조사구에서는 어떠한 미생물도 검출되지 않았다. 즉, 즉석 햄버거 스테이크의 제조 과정 등에서 오염된 후 가열처리에 의해 사멸되지 않은 미생물 수는 약 5 log CFU/g이었으나, 이는 5 kGy 이상의 조사에 의해 모두 사멸되었다. Licciardello 등(21)은 육류에 10⁷ CFU/g 정도로 오염된 미생물을 가열처리 없이 감마선 조사만으로 사멸시키는데 4.75 kGy의 선량이 필요하였다고 보고하였다. 가공 식품의 초기미생물을 제어하는 것은 식품의 위생성, 안전성 및 저장성을 확보하는데 있어 매우 중요하다(22). 식품의 저장 초기에 총균수가 많으면 부패 변질에 도달하는 시간이 짧아 지므로 저장 초기의 총균수가 적을수록 저장성이 좋아진다고 볼 수 있다(23). 비조사구에서 로즈마리 추출분말 첨가구의 초기 미생물수는 무첨가구보다 낮았으나 유의적이지는 않았다. 그러나 로즈마리 첨가에 의한 초기 미생물 감소 효과는 농도가 높을수록 더 효과적으로 나타났다.

분쇄육에서 *Pseudomonas* spp의 D₁₀ value는 0.110~0.152 kGy로(6) 1 kGy 이하의 선량으로도 3 log CFU/g수준을 감소시킬 수 있다. 때문에 본 실험의 비조사구에서는 *Pseudomonas* spp가 3 log CFU/g수준으로 검출되었으나, 5 kGy 이상 조사구에서는 검출되지 않았던 것으로 보인다. 비조사

구 및 조사구 등의 모든 시료에서 위생 및 오염지표인 대장균과 *Salmonella/Shigella* spp가 조사 직후에 검출되지 않았다.

냉장 저장 중 미생물학적 품질 변화

로즈마리 추출분말 첨가 및 감마선 조사된 햄버거 스테이크의 냉장 저장 중 총균의 생육변화를 Table 3에 나타내었다. 5 및 10 kGy 조사구는 조사 직후 및 냉장 저장초기에는 감마선 조사에 의해 미생물의 생육이 검출수준(<10¹ CFU/g) 이하로 감소하였으나, 냉장 저장동안 미생물이 성장하여 총균수의 증가가 관찰되었다. 그러나 20 kGy 조사구는 16주 저장까지도 어떠한 미생물의 생육도 관찰되지 않았다. 일반적으로 식품에서 총균수가 10⁶ CFU/g에 도달하면 부패 초기, 10⁷ CFU/g에서는 부패현상을 나타내어 더 이상 가식이 불가능하다(2). 본 실험에서도 총균수가 10⁷ CFU/g 이상 된 시료는 포장 파우치가 미생물의 대사과정에 의해 생성된 가스로 인해 부풀어 올랐으며, 심한 부패취와 함께 점액질이 생성되는 등의 전형적인 부패 현상이 관찰되었다. 비조사구는 5°C 저장 2주째, 5 kGy 조사구는 저장 4~6주째 부패 시점에 도달하였다. 10 kGy 조사구는 5°C 저장 10주째부터 미생물 생육이 관찰되어 저장 14~16주째 부패되었다.

Table 4는 5°C에서 16주까지 저장하는 동안 로즈마리 추출분말 첨가와 감마선 조사를 병용처리한 햄버거 스테이크의 총 호기성 균의 생육변화 양상을 분석한 결과이다. 감마선 조사에 의해 초기미생물이 모두 사멸하였으며 10 kGy 조사구의 경우 저장 56일까지 미생물의 생육이 관찰되지 않았다. 본 실험에서 감마선 조사선량이 증가될수록 부패시기가 지연되었을 뿐 아니라 미생물이 검출되지 않은 기간 또한 연장되었다. 이러한 결과를 볼 때, 조사구의 저장 유효기간이 비조사구보다 연장되었던 것은 감마선 조사에 의해 미생물의 최대 성장속도가 억제되었기 때문이 아니라 초기 미생물의 감균 효과와 미생물이 검출되지 않는 기간의 연장 때문으로

Table 2. Microbial counts of hamburger steaks combined with rosemary extract powder immediately after irradiation (Unit: log CFU/g)

Rosemary concentration (ppm)	Dose (kGy)	Total aerobic bacteria	Coliforms	<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Salmonella/Shigella</i>
Control	0	5.02±0.15 ¹⁾	ND ²⁾	2.82±0.14	ND
	5	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND
	20	ND	ND	ND	ND
Rosemary 200	0	4.84±0.17	ND	ND	ND
	5	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND
	20	ND	ND	ND	ND
Rosemary 500	0	4.63±0.23	ND	2.91±0.21	ND
	5	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND
	20	ND	ND	ND	ND

¹⁾ Average of 4 replicates (mean±standard deviation).

²⁾ Not detected within the detection limit <10¹ CFU/g.

Table 3. Growth of total aerobic bacteria of gamma-irradiated hamburger steaks with rosemary extract powder during storage at 5°C (Unit: log CFU/g)

Rosemary concentration (ppm)	Dose (kGy)	Storage period (weeks)								
		0	2	4	6	8	10	12	14	16
Control	0	5.02±0.15 ¹⁾	7.68±0.22	- ²⁾	-	-	-	-	-	-
	5	ND ³⁾	4.21±0.16	7.03±0.31	-	-	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	ND	ND	2.42±0.17	5.05±0.22	7.61±0.12	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rosemary 200	0	4.84±0.17	5.52±0.16	-	-	-	-	-	-	-
	5	ND	3.12±0.13	5.15±0.17	7.57±0.13	-	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	ND	ND	2.21±0.21	4.56±0.18	6.56±0.36	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rosemary 500	0	4.63±0.23	4.91±0.25	-	-	-	-	-	-	-
	5	ND	2.54±0.14	4.22±0.21	6.89±0.15	-	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	ND	ND	1.53±0.23	3.48±0.27	5.54±0.17	7.62±0.22
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ Average of 4 replicates (mean±standard deviation).²⁾ Bar indicates no determination of cells because of spoilage.³⁾ Not detected within the detection limit <10¹ CFU/g.**Table 4. Kinetic parameters of total aerobic bacterial growth and shelf-life of ready-to-eat hamburger steaks with rosemary extract powder during storage at 5°C**

Dose (kGy)	Rosemary concentration (ppm)	N ₀ ¹⁾ (log CFU/g)	μ _{max} ²⁾ (day ⁻¹)	Undetected day ³⁾ (days)	Shelf-life ⁴⁾ (days)
0	Control	5.02±0.15 ⁵⁾	0.19±0.003	-	14
	Rosemary 200	4.84±0.17	0.05±0.002	-	14
	Rosemary 500	4.63±0.23	0.02±0.009	-	14
5	Control	0	0.25±0.005	<14	28
	Rosemary 200	0	0.18±0.004	<14	42
	Rosemary 500	0	0.16±0.007	<14	42
10	Control	0	0.19±0.004	56	98
	Rosemary 200	0	0.16±0.004	56	98
	Rosemary 500	0	0.14±0.006	56	112

¹⁾ N₀ means initial counts of total aerobic bacteria.²⁾ μ_{max} means maximum growth rate of total aerobic bacteria during storage periods. Growth rate is calculated to (N-N₀)/days.³⁾ Undetected day means that the period viable cell not detected limit <10¹ CFU/g.⁴⁾ Shelf-life means time for spoilage induced to reach N = 10⁶~10⁷.⁵⁾ Mean±standard deviation.

보인다. 즉, 냉장 저장 중 시료의 최대성장률은 비조사구는 0.02~0.19 day⁻¹이었으나 5, 10 kGy 조사구는 각각 0.16~0.25, 0.14~0.20 day⁻¹로 비조사구보다 높았다.

5 및 10 kGy 조사구 모두 로즈마리 추출분말 첨가에 의해 부패 시기가 약 14일 정도 지연되었으며, 무첨가구에 비해 로즈마리 추출분말 첨가구의 초기미생물 수가 약간 낮았고 최대성장률 또한 낮아졌으나 유의적인 차이는 없었다. 이러한 경향은 농도가 높은 처리구에서 더욱 크게 나타났다. Djenane 등(16)은 beef steak에 로즈마리 추출물(1000 ppm)과 비타민 C(500 ppm)를 병합처리하여 냉장 저장하였을 때 초기 미생물은 차이가 없었으나, 30일 후 총균수가 비처리구에 비해 약 2 log cycles 정도 감소하였다고 보고한 바 있다.

로즈마리 추출분말과 감마선 조사를 병용처리한 즉석 햄버거 스테이크의 냉장 저장 중 대장균군의 생육정도를 Table 5에 나타내었다. 비조사구의 경우, 저장 2주째에 대조구

에서 4.41 log CFU/g의 수준으로 검출되었으나, 5, 10 kGy 조사구에서는 대장균군이 각각 저장 4주, 14주째부터 검출되었으며, 20 kGy 조사구에서는 저장 16주째까지도 검출되지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 위생지표 미생물인 대장균군의 완전 사멸을 위해서는 10 kGy 이상의 선량이 필요할 것으로 보인다. 초기 *Pseudomonas* spp의 오염수준은 2.8~3.0 log CFU/g의 수준이었으나, 저장 기간 동안 모든 시험구에서 발견되지 않았다. *Salmonella/Shigella* spp 또한 모든 처리구에서 저장기간 동안 발견되지 않았다. Ouattara 등(24)은 rosemary essential oil이 *Pseudomonas* 등 6가지 부패미생물에 항균효과가 있다고 보고하였으며, *Bacillus cereus* 및 그 spore에도 효과가 있다고 보고된 바 있다(25). 또한, 로즈마리 추출물에 의해 *Listeria monocytogenes*의 성장이 강하게 저해되었다는 연구 결과도 있었으나, 로즈마리가 다른 향신료에 비해 항균효과가 없었다는 보고(26,27)도 있어 로

Table 5. Growth of coliform bacteria of gamma-irradiated hamburger steaks with rosemary extract powder during storage at 5°C (Unit: log CFU/g)

Rosemary concentration (ppm)	Dose (kGy)	Storage period (weeks)									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	
Control	0	ND ¹⁾	4.41±0.32 ²⁾	- ³⁾	-	-	-	-	-	-	
	5	ND	ND	2.32±0.12	4.43±0.15	-	-	-	-	-	
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.48±0.12	-	
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Rosemary 200	0	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	
	5	ND	ND	2.27±0.08	4.24±0.21	-	-	-	-	-	
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.35±0.13	-	
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Rosemary 500	0	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-	
	5	ND	ND	1.89±0.22	3.76±0.21	-	-	-	-	-	
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.98±0.41	5.16±0.12	
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

¹⁾Not detected within the detection limit <10¹ CFU/g.
²⁾Average of 4 replicates (mean±standard deviation).
³⁾Bar indicates no determination of cells because of spoilage.

즈마리의 항균성은 더욱 연구되어야 할 것으로 보인다.

가속저장 시험의 미생물 생육변화

감마선 조사와 로즈마리 추출분말을 병용처리한 햄버거 스테이크를 3주간 가속저장(30°C) 시험을 하였을 때, 총 호기성 균의 생육 변화 및 분석결과를 Table 6, 7에 나타내었다. 본 실험에서는 가속저장 시험을 통해 로즈마리 추출분말과 감마선 병용처리가 즉석 햄버거스테이크에 미치는 영향을 보았으며, 가속저장 시험의 이용가능성을 확인해 보았다. 가속저장 시험에서 총균수가 검출되지 않은 기간은 5, 10 kGy 조사구가 각각 1, 5일이었으며, 총균수가 10⁶~10⁷ CFU/g에 이르러 부패 현상을 보이는데 걸린 시간은 0, 5 및 10 kGy 조사구가 각각 <1, 3, 15일이었다. 즉, 냉장 저장시와 마찬가지로 가속저장에서도 감마선 조사에 의해 총균수가 검출되

지 않은 기간과 저장유효기간이 연장되었다. 저장 중 총균의 최대 성장률은 5°C 저장시에는 0.02~0.25 day⁻¹이었던 반면, 30°C에서는 0.31~0.43 day⁻¹로 가속저장에 의해 최대성장률이 10배정도 증가되어 단기간 저장 실험으로 미생물 생육변화를 볼 수 있었다. 그러나 냉장 저장과 달리 가속저장에서는 조사구의 최대성장률이 비조사구에 비해 감소하였으며, 로즈마리 추출분말 첨가에 의한 차이는 없었다. 즉, 가속저장 시험으로 감마선조사에 의한 총균의 성장이 지연되어 부패가 늦어진다는 것은 확인할 수 있었으나, 로즈마리 추출분말 첨가에 의한 부패 지연효과는 확인할 수 없었다. 따라서 가속저장은 단기간 내에 미생물의 생육변화 양상을 파악할 수 있으나, 실제 저장온도에서와 다른 경향을 나타낼 수 있음을 고려하여야 한다.

Table 6. Growth of total aerobic bacteria of gamma-irradiated hamburger steaks with rosemary extract powder during storage at 30°C (Unit: log CFU/g)

Rosemary concentration (ppm)	Dose (kGy)	Storage period (days)							
		0	1	3	5	7	10	15	21
Control	0	5.02±0.15 ¹⁾	7.78±0.24	9.90±0.31	- ²⁾	-	-	-	-
	5	ND ³⁾	ND	7.06±0.16	8.62±0.15	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	ND	4.32±0.23	5.64±0.33	7.41±0.12	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rosemary 200	0	4.84±0.17	7.78±0.21	9.42±0.14	-	-	-	-	-
	5	ND	ND	6.69±0.31	8.47±0.16	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	ND	4.28±0.27	5.41±0.28	7.02±0.36	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rosemary 500	0	4.63±0.23	7.16±0.23	8.72±0.16	-	-	-	-	-
	5	ND	ND	6.11±0.20	8.12±0.23	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	ND	4.14±0.13	5.18±0.28	6.54±0.17	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾Average of 4 replicates (mean±standard deviation).
²⁾Bar indicates no determination of cells because of spoilage.
³⁾Not detected within the detection limit <10¹ CFU/g.

Table 7. Kinetic parameters of total aerobic bacterial growth and shelf-life of ready-to-eat hamburger steaks with rosemary extract powder during storage at 30°C

Dose (kGy)	Rosemary concentration (ppm)	N_0 ¹⁾ (log CFU/g)	μ_{\max} ²⁾ (day ⁻¹)	Undetected day ³⁾ (days)	Shelf-life ⁴⁾ (days)
0	Control	5.02±0.15 ⁵⁾	1.15±0.23	-	<1
	Rosemary 200	4.84±0.17	1.43±0.32	-	<1
	Rosemary 500	4.63±0.23	1.28±0.24	-	<1
5	Control	0	0.78±0.12	1	3
	Rosemary 200	0	0.89±0.10	1	3
	Rosemary 500	0	1.01±0.11	1	3
10	Control	0	0.38±0.03	5	15
	Rosemary 200	0	0.34±0.02	5	15
	Rosemary 500	0	0.30±0.03	5	15

¹⁾ N_0 means initial counts of total aerobic bacteria.²⁾ μ_{\max} means maximum growth rate of total aerobic bacteria during storage periods. Growth rate is calculated to $(N-N_0)/\text{days}$.³⁾ Undetected day means that the period viable cell not detected limit $<10^1$ CFU/g.⁴⁾ Shelf-life means time for spoilage induced to reach $N = 10^6 \sim 10^7$.⁵⁾ Mean ± standard deviation.**Table 8. Growth of coliform bacteria of gamma-irradiated hamburger steaks with rosemary extract powder during storage at 30°C** (Unit: log CFU/g)

Rosemary concentration (ppm)	Dose (kGy)	Storage period (days)							
		0	1	3	5	7	10	15	21
Control	0	ND ¹⁾	3.71±0.32 ²⁾	7.06±0.12	- ³⁾	-	-	-	-
	5	ND	ND	5.17±0.17	7.33±0.41	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	3.62±0.24	4.53±0.27	5.26±0.27	7.15±0.14	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rosemary 200	0	ND	3.47±0.16	6.57±0.24	-	-	-	-	-
	5	ND	ND	4.72±0.18	7.18±0.32	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	2.78±0.11	3.92±0.22	2.94±0.18	6.98±0.36	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rosemary 500	0	ND	3.38±0.14	5.70±0.14	-	-	-	-	-
	5	ND	ND	4.18±0.15	6.78±0.24	-	-	-	-
	10	ND	ND	ND	2.68±0.21	3.6±0.11	4.64±0.33	6.47±0.22	-
	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ Not detected within the detection limit $<10^1$ CFU/g.²⁾ Average of 4 replicates (mean ± standard deviation).³⁾ Bar indicates no determination of cells because of spoilage.

감마선 조사와 로즈마리 추출분말을 병용처리한 햄버거 스테이크를 30°C에서 3주간 가속저장 시험하였을 때 대장균군의 생육 변화를 Table 8에 나타내었다. 비조사구는 저장 1일째에 대장균군이 검출된 반면, 5, 10 kGy 조사구는 각각 3일, 5일째에 검출되었으며, 20 kGy 조사구는 저장 21일까지도 대장균군이 검출되지 않았다. 즉, 가속저장 시험 결과, 냉장 저장 시험에서와 같이 감마선 조사에 의해 저장 중 위생지표 미생물인 대장균군의 생육이 억제되었으며, 20 kGy 조사구에서는 대장균군이 완전 사멸되었다. 또한, 가속저장 시험에서도 로즈마리 추출분말 첨가에 의해 대장균군이 약 1 log CFU/g정도 감소되었다.

가속저장시험결과 로즈마리 첨가구에서 호기성 총균의 최대성장량이 감소되었으며, 로즈마리 추출분말의 농도가 높은 첨가구에서 더 크게 감소하였다. 이상으로 볼 때, 감마선 조사와 로즈마리 추출분말의 병용처리에 의해 저장성이

보다 향상될 수 있을 것으로 보인다. 그러나 이러한 로즈마리의 감균 효과는 시료간 유의적인 차이를 보이지 않아 로즈마리 추출분말의 첨가만으로는 즉석 햄버거 스테이크의 저장성을 향상시키는데 효과적이지 못할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 즉석 햄버거 스테이크에 감마선 조사와 항산화제 및 항균제로 알려진 로즈마리의 추출분말의 병용처리 효과를 평가하였다. 이를 위해 로즈마리 추출분말을 0, 200, 500 ppm의 농도로 첨가한 즉석 햄버거 스테이크를 0, 5, 10 및 20 kGy로 조사한 후 4개월간 냉장(5°C) 저장하면서 미생물의 생육을 평가하였다. 또한 감마선 조사와 로즈마리 추출분말의 병용처리가 즉석 햄버거 스테이크의 저장성에 미치는 영향을 단기간 내에 파악하기 위해 가속저장(30°C) 시험을

병행하였다. 즉석 햄버거 스테이크의 초기 호기성 총균수는 약 5 log CFU/g이었으나, 감마선 조사에 의해 햄버거 스테이크의 저장 중 호기성 총균과 대장균군 수를 효과적으로 감소시켰다. 특히, 20 kGy로 조사한 햄버거 스테이크에서는 저장 4개월까지 어떠한 미생물도 검출되지 않았다. 총균수가 $10^6 \sim 10^7$ log CFU/g에 이르렀을 때를 저장한계로 보았을 때, 냉장 저장시 비조사구는 14일인 반면, 5 및 10 kGy 조사구는 각각 28~42, 98~112일이었다. 5 및 10 kGy 조사구에서 로즈마리 추출분말을 500 ppm의 농도로 첨가하였을 때 비첨가구에 비해 저장기간이 14일 연장되었다. 결과적으로, 가속저장 시험시 감마선 조사에 의해 즉석 햄버거 스테이크의 저장성이 향상되었으나 로즈마리 추출분말 첨가에 의한 효과는 관찰되지 않았다. 그러나 냉장 저장시에는 감마선 조사구(5 및 10 kGy)에서 무첨가구에 비해 로즈마리 추출분말의 첨가 농도가 증가할수록 저장성이 증가하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문헌

- Kim HY, Choi SH, Ju SE. 1996. A survey of the behaviors on fast food restaurants. *Korean J Dietary Culture* 11: 71-82.
- Lee SH, Moon WS, Park KN. 2000. Antimicrobial activity of *Caesalpinia sappan* L. extracts and its effect on preservation of ground meats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 888-892.
- Passos MHCR, Kuaye AY. 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 DW, Boyd G, Fox JB, Lakritz L, Hampson JW. 1994. Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat. *J Food Sci* 60: 63-67.
- Thayer DW, Boyd G. 1994. Control of enterotoxigenic *Bacillus cereus* on poultry or red meats and in beef gravy by gamma irradiation. *J Food Prot* 57: 758-764.
- Farkas J. 1998. Irradiation as method for decontaminating food: A review. *Int J Food Microbiol* 44: 189-204.
- Kang IJ, Kwak HJ, Lee BH, Kim KH, Byun MW, Yook HS. 1998. Genotoxicological and acute toxicological safeties of gamma irradiated beef. *Korean J Food Sci Technol* 30: 775-780.
- Kim MR. 2002. The function of spice and herbs. *J East Asian Soc Dietary Life* 12: 431-453.
- Karpińska M, Borowski J, Danowska-Oziewicz M. 2000. Antioxidative activity of rosemary extract in lipid fraction of minced meat balls during storage in a freezer. *Nahrung* 44: 38-41.
- Mühlbauer RC, Lozano A, Palacio S, Reinli A, Felix R. 2003. Common herbs, essential oils, and monoterpenes potentially modulate bone metabolism. *Bone* 32: 372-380.
- Galisteo M, Suárez A, Montilla MP, Utrilla MP, Jiménez J, Gil A, Faus MJ, Navarro MC. 2000. Antihepatotoxic activity of *Rosemarinus tomentosus* in a model of acute hepatic damage induced by thioacetamide. *Phytother Res* 14: 522-526.
- Aruoma OI, Spencer JPE, Rossi R, Aeschbach R, Khan A, Mahmood N, Munoz A, Murcia A, Butler J, Halliwell B. 1996. An evaluation of the antioxidant and antiviral action of extracts of rosemary and provencal herbs. *Food Chem Toxicol* 34: 449-456.
- Milić BLJ, Milić NB. 1998. Protective effects of spice plants on mutagenesis. *Phytother Res* 12: s3-s6.
- Offord EA, Macé K, Avanti O, Pfeifer AMA. 1997. Mechanisms involved in the chemoprotective effects of rosemary extract studied in human liver and bronchial cells. *Cancer Letters* 114: 275-281.
- Pintore G, Usai M, Bradesi P, Juliano C, Boatto G, Tomi F, Chess M, Cerri R, Casanova J. 2002. Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. oils from Sardinia and Corsica. *Flavour Fragr J* 17: 15-19.
- Djenane D, Escalante AS, Beltrán JA, Roncalés P. 2003. The shelf-life of beef steaks treated with DL-lactic acid and antioxidants and stored under modified atmospheres. *Food Microbiol* 20: 1-7.
- Kilcast D, Subramaniam P. 2000. *The stability and shelf-life of food*. CRC Press, Florida, USA. p 5-20.
- Moon KD, Kim HK, Jo KS, Park MH. 1992. Prediction of shelf-life and changes of quality attributes in packaged composite seasoning during storage. *J Korean Agric Chem Soc* 35: 281-285.
- Lee KY, Kim HS, Lee HG, Han O, Chang UJ. 1997. Studies on the prediction of the shelf-life of *kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 588-594.
- SAS Institute, Inc. 1988. *SAS User's Guide*. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Licciardello JJ, Nixjweaib JTR, Goldblith SA. 1968. Elimination of *Salmonella* in poultry with ionizing reaction. In *Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation*. Intl. Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. p 1.
- Park KJ, Jung SW, Park BI, Kim YH, Jeong JW. 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 HJ, Moon GI, Moon YH, Jung IC. 2000. Quality and storage stability of hamburger during low temperature storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 20: 72-78.
- Ouattara B, Simard RE, Holley RA, Piette GJP, Bégin A. 1997. Antibacterial activity of selected fatty acid and essential oils against six meat spoilage organisms. *Int J Food Microbiol* 37: 155-162.
- Chaibi A, Ababouch LH, Belari K, Boucetta S, Busta FF. 1997. Inhibition of germination and vegetative growth of *Bacillus cereus* T and *Clostridium botulinum* 62A spores by essential oils. *Food Microbiol* 14: 161-174.
- Sağdic O, Özcan M. 2003. Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control* 14: 141-143.
- Ismail SAS, Deak T, Abd El-Rahman HA, Yassien MAM, Beuchat LR. 2001. Effectiveness of immersion treatments with acid, trisodium phosphate, and herb decoctions in reducing population of *Yarrowia lipolytica* and naturally occurring aerobic microorganisms on raw chicken. *Int J Food Microbiol* 64: 13-19.

(2003년 11월 22일 접수; 2004년 3월 22일 채택)