

## 감마선 조사와 푸코이단/라미나린 병용처리가 돈육 패티의 품질에 미치는 영향

김현주 · 최종일 · 박진규 · 송범석 · 김재훈 · 윤요한 · 김천제<sup>1</sup> · 신미혜<sup>2</sup> · 변명우 · 이주운\*

한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소

<sup>1</sup>건국대학교 축산식품생물공학전공, <sup>2</sup>을지대학교 식품과학부

### Effects of Combined Treatment of Gamma Irradiation and Addition of Fucoidan/laminarin on Ready-to-eat Pork Patty

Hyun-Joo Kim, Jong-il Choi, Jin-Gyu Park, Beom-Seok Song, Jae-Hun Kim, Yohan Yoon,  
Cheon-Jei Kim<sup>1</sup>, Mee-Hye Shin<sup>2</sup>, Myung-Woo Byun, and Ju-Woon Lee\*

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

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

<sup>2</sup>School of Food Science, Eulji University, Seongnam 461-713, Korea

#### Abstract

The objective of this study was investigated to apply the fucoidan and laminarin extract from low-grade *Undaria pinnatifida* to real food product, a pork patty. Pork patties added with fucoidan and laminarin showed lower lipid oxidation and the inhibition against lipid oxidation was shown to be dependent on the irradiation doses. The Hunter color values of pork patty added with fucoidan increased significantly with an increase of irradiation dose. The hardness profiles of the patties with fucoidan and laminarin was decreased, but the amount of water in the patties was increased. Also, the combination of gamma irradiation and addition of fucoidan and laminarin was shown to be effective for the microbiological control. These results suggested that gamma irradiation and fucoidan and laminarin treatment showed the positive effect on microbial stability and quality of the pork patty.

**Key words :** pork patty, fucoidan, laminarin, *Undaria pinnatifida*, gamma irradiation

#### 서 론

최근 과학과 산업이 발달함에 따라 식생활이 다양화되고 식문화가 서구화되면서 외식 산업의 발달과 함께 편의 식품과 즉석식품의 수요가 증대되고 있다(Kim *et al.*, 2007). 특히, 대표적인 즉석식품 중 하나인 돈육 패티는 식품산업의 발달로 조리 냉동식품의 형태로 개발되고 있다(Park *et al.*, 2004). 그러나 돈육 패티와 같은 육제품은 저장 중 지질산화로 인한 이취가 생성되어 품질이 저하될 수 있다. 이러한 이취는 비조리 육제품보다 조리 육제품에서 더 빠르게 생성되는 것으로 밝혀지고 있다(Murphy *et al.*, 1998; El-Alim *et al.*, 1999). 이를 예방하기 위해 천연 항산화제로서 vitamin C, 합성 항산화제로서 butylated

hydroxytoluene(BHT) 및 butylated hydroxyanisole(BHA) 등이 사용되고 있으나 이는 경제적 측면에서 사용이 제한적으로 이루어져 있으며, 합성 항산화제의 경우 안전성의 문제가 제기되고 있어 경제적이면서 첨가제로서 사용하는 데 안전한 천연 항산화제의 개발이 필요한 실정이다(Jang *et al.*, 2007).

미역(*Undaria pinnatifida*)은 갈조류의 일종으로 한국, 일본 및 중국 북부 지방을 중심으로 재배되고 있으며, 채취한 후의 생 것의 상태와 건조된 형태로 많이 소비되고 있다(Guiry and Blunden, 1991). 미역이 성장함에 있어 해수의 온도가 매우 중요하다. Zhang 등(1984)의 보고에 따르면 미역이 성장함에 있어 최적의 해수온도는 5~10°C로 발표하였다. 해수의 온도가 높으면 해양 미생물의 번식과 미역의 변색으로 인해 미역의 품질이 떨어진다. 품질이 떨어진 미역은 별다른 활용방안 없이 바다에 그대로 폐기되어 해양 오염의 주된 원인이 되고 있다(Lee *et al.*, 2006).

미역에는 다양한 비타민, 무기질, 섬유질 및 다당류 등

\*Corresponding author : Ju-Woon Lee, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongseup 580-185, Republic of Korea. Tel: 82-63-570-3204, Fax: 82-63-570-3207, E-mail: sjwlee@kaeri.re.kr

의 영양소가 함유되어 있다. 미역에 함유한 다당류의 일종인 푸코이당은 fucose, galactose, mannose 및 glucuronic acid 등이 결합된 합형 산성 다당체로서 항암, 항혈액응고, 항균 활성 등의 효과가 보고되어 있으며 라미나린은  $\beta(1,3)$  결합과  $\beta(1,6)$  결합 형태인 glucan 형태인 중성 다당체로서 항균 및 면역증강효과가 보고되어 있다(Deville *et al.*, 2007; Smit, 2004). 품질이 저하된 미역에도 이와 같은 기능성 다당류가 함유되어 있으나 이를 활용한 연구는 미진한 실정이다.

돈육 패티와 같은 육가공 제품에는 대부분 냉장 및 냉동상태에서 유통되지만, 영양소와 수분이 풍부하게 함유되어 있어 미생물이 생육하기 좋은 조건이므로 부주의하게 취급할 경우 *Listeria spp.*와 같은 미생물의 성장에 의해 쉽게 부패될 수 있다(Lee *et al.*, 2000). 육제품의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 가공법으로 방사선 조사 기술이 연구되고 있으며, 미생물 제어에 의한 위생성 증진 및 안전성이 입증되고 있다(Thayer, 2000). 또한, 감마선 조사와 실크 펩타이드 및 로즈마리 추출분말 등을 돈육 패티에 병용처리 하였을 때 패티의 미생물학적 안전성을 확보하면서 지질산화를 억제한 것으로 보고하였다(Kim *et al.*, 2007; Oh *et al.*, 2004).

따라서 본 연구에서는 별다른 활용방안 없이 폐기되고 있는 저급 미역에서 기능성 다당류인 푸코이당 및 라미나린을 추출하여 식품산업에서의 천연항산화제로 이용 가능성을 알아보고자 돈육 패티 모델을 선택하여 감마선 조사와 푸코이당 및 라미나린을 병용 처리하여 품질 특성을 알아보았다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에서 사용한 저급 미역은 전남 완도에서 채취한 다음 흐르는 물로 세정하여 실험에 사용하기 전까지 4°C에 보관하였다.

### 푸코이당 및 라미나린 추출

저급 미역 내 함유한 푸코이당 및 라미나린을 추출하기 위해 Mian와 Percival(1973)과 Rioux(2007) 방법을 변형하였다. 즉, 저급미역 60 g에 85% 에탄올 600 mL을 가한 후 70°C에서 6시간 동안 환류 추출하였다. 추출한 상등액을 제거한 후, 남은 잔사에 2% CaCl<sub>2</sub> 용액 600 mL을 가하여 70°C에서 6시간 동안 환류 추출한 다음 여과하여(Whatman filter paper No.4, England) 조 라미나린 층을 얻은 후 남은 잔사에 0.01 M HCl 600 mL을 가하여 위와 같은 조건으로 추출하여 조 푸코이당 층을 얻었다. 얻어진 푸코이당 및 라미나린 층을 여과하였다. 추출한 조 푸코이당 및 라미나린을 gel permeation chromatog-

raphy(Waters 2690, Waters Co., USA)를 이용하여 분획하여 회수한 다음 투석(cut off 1,000 Da)하였다. 투석시료는 농축하여 동결건조한 후 냉장보관하여 실험에 사용하였다.

### 돈육 패티의 제조

본 실험에 사용한 돈육 패티는 Table 1과 같이 주원료에 시료를 혼합하여 제조하였다. 분쇄 돈육, 돈지방 및 식염은 시중에 판매되는 것을 구입하여 사용하였다. 시료의 혼합은 각각의 원료를 배합순서에 맞게 혼합기(M15 mixer, Falsf Co., Spain)에 넣은 후 혼합하였다. 혼합육을 100 g 정도의 무게와 10 mm의 두께를 갖도록 성형한 후 Cooker(NUVUES-3 cooker, Menominee, USA)를 이용하여 95°C에서 30분간 가열처리 하였다. 조리된 돈육 패티는 1시간 동안 상온에서 방냉하고 알루미늄과 PE가 라미네이팅된 복합필름 포장재를 사용하여 포장하였다.

### 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소(Jeongeup, Republic of Korea) 내 선원 11.1 PBq, <sup>60</sup>Co 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Canada)을 이용하였다. 저급 미역 내 함유된 푸코이당 및 라미나린을 추출하기 위해 실온에서 시간당 10 kGy의 선량율로 0 및 30 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였으며, 돈육 패티의 경우 0, 2, 4, 6 및 8 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

### 지질산패도 측정

지질산패도는 Jo와 Ahn(2000)의 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)법으로 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 50  $\mu$ L의 BHA(7.2% in ethanol)와 증류수 15 mL을 넣은 후 homogenizer(DIAX 900, Heidolph Co. Ltd., Germany)로 균질화시켰다. 균질물 1 mL에 TBA/TCA 용액(20 mM thiobarbituric acid in 15% trichloroacetic acid)

Table 1. Formulation for manufacturing pork patty

Materials	Contents (g)
Ground pork	70.7
NaCl	1.3
Water	7, 8
Pork back fat	20
Sample	1, 0
Total	100

3 mL을 넣은 후 끓는 물에서 15분간 가열하였다. 냉각 후 원심분리기(UNION 5KR, Hanil Science Industrial Co. Ltd., Korea)를 이용하여 원심분리(3,000 rpm, 20분)한 후, 상층액 1 mL을 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정 후 검량선을 이용하여 malondialdehyde의 농도를 구하였다. 이때 얻어진 결과는  $\mu\text{g malondialdehyde/g meat(wet weight basis)}$ 으로 표시하였다.

### 색도 측정

돈육 패티의 시료 단면을 Color Difference Meter (Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co. Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였으며 Illuminant D65 10° 광원을 사용하였다. 기기는 측정 전 표준흑판과 표준백판을 표준화한 후 사용하였으며 Hunter color L(명도, lightness), a(적색도, redness) 및 b(황색도, yellowness)을 측정하였다. 측정된 값은 Spectra Magic Software(version 2.11, Minolta Cyber Chrom Inc., Japan)를 이용하여 기록하였다.

### 경도 측정

푸코이단/라미나린 첨가에 따른 돈육 패티의 경도 변화를 texture analyzer(TA XT2i, SMS Co. Ltd., England)를 이용하여 측정하였다. Plastic plunger(cylindrical type, 10 mm diameter)로 test speed 2.0 mm/s, deformation ratio 25%, load cell 5 kg의 조건으로 1회 압착 시험을 실시하여 경도를 측정하였다.

### 미생물 분석

푸코이단/라미나린을 첨가하여 제조한 돈육 패티의 미생물 오염도를 측정하기 위하여 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 total plate count agar 및 potato dextrose agar(Difco, USA)에 도말하였다. 미생물의 증식은 표준한천배양방법으로 각각 30°C에서 48시간 배양한 후 30-300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었다.

### 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software(1987)에서 프로그램된 general linear model procedure를 수행하고 유의적인 차이가 보일 때 평균값 간의 차이를 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다( $p < 0.05$ ).

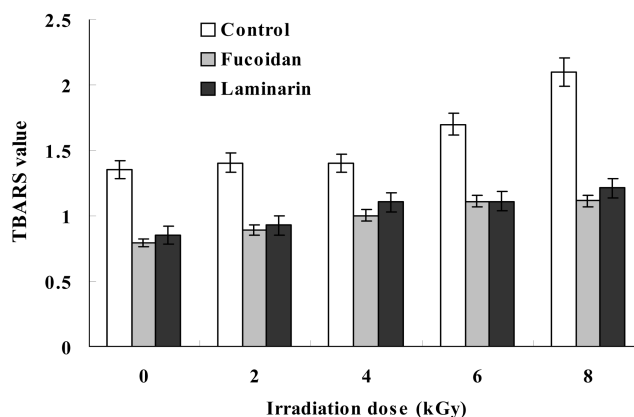


Fig. 1. TBARS values of the pork patties added with fucoidan and laminarin extract by gamma irradiation.

## 결과 및 고찰

### 지질산패도 측정

감마선 조사 기술을 이용하여 저급미역에 함유된 푸코이단/라미나린 첨가한 돈육 패티의 지질산패도 측정 결과를 Fig. 1에 제시하였다. 실험결과, 푸코이단/라미나린 첨가군이 대조군에 비해 돈육 패티의 지질산화를 억제한 것으로 나타났으며, 패티의 조사에 의한 지질 산패도의 차이는 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Park 등(2004)의 감마선 조사와 로즈마리 추출물 병용 처리한 햄버거 스테이크의 연구결과와 일치하였다. 일반적으로 감마선 조사는 산소가 있는 조건하에서 지방의 산화를 야기시킨다. 그러나 감마선 조사 시 tocopherol 및 ascorbic acid 등 다양한 천연 항산화제의 첨가 및 진공 포장 등의 방법을 이용할 경우 지방의 산화발생을 억제할 수 있다(Lee *et al.*, 2005). Kang 등(2003)은 고기완자에 로즈마리, 파슬리, 민트 등의 항산화제를 첨가하여 제조한 후 냉장 저장 하였을 때, 무첨가구와는 달리 냉장 초기에 산가 및 TBARS 함량이 증가되지 않았다고 보고하였다.

### 색도 측정

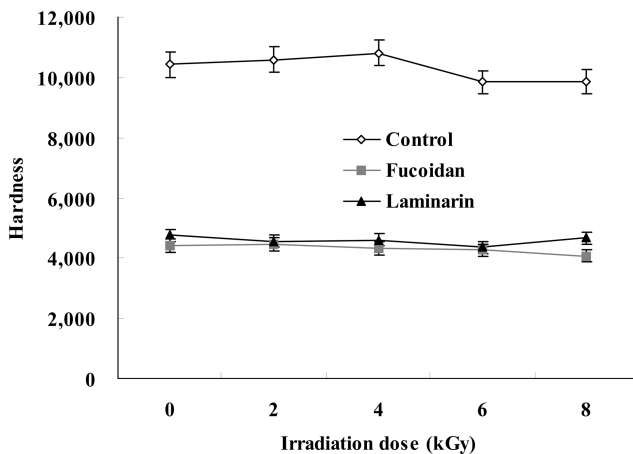
Table 2는 푸코이단/라미나린을 첨가하여 제조한 돈육 패티의 색도 변화를 나타내었다. 적색도 및 황색도의 경우 시료 첨가구 및 조사선량에 따른 차이는 일관적이지 않았다. 그러나 명도의 경우 시료 무첨가구와 라미나린 첨가구는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 푸코이단 첨가구의 경우 명도 값이 다른 처리구에 비해 낮았으며 이는 패티의 조사선량이 증가함에 따라 그 값이 증가하였다. 이는 추출한 푸코이단에 잔존하는 갈색색소인 fucoxanthin 색소의 파괴에 의해 명도가 높아진 것(Jeon *et al.*, 2003)으로 생각된다. Bekhit 등(2003)은 항산화제가 냉장 저장 중 우육 패티에 대한 색 변질 예방 효과가 있다고 보고하

**Table 2. Hunter color values of pork patties with extract fucoidan and laminarin treated by gamma irradiation**

Sample	Irradiation dose (kGy)	L	a	b
Control	0	66.20	2.62	13.81
	2	66.38	2.40	14.76
	4	65.94	2.47	14.49
	6	66.72	2.13	14.21
	8	66.38	2.70	14.26
	SEM <sup>1)</sup>	1.29	0.30	0.53
Fucoidan	0	59.90 <sup>b</sup>	2.80 <sup>b</sup>	11.61 <sup>b</sup>
	2	63.76 <sup>ab</sup>	3.42 <sup>a</sup>	14.77 <sup>a</sup>
	4	62.55 <sup>ab</sup>	3.35 <sup>a</sup>	13.12 <sup>ab</sup>
	6	60.18 <sup>b</sup>	3.50 <sup>a</sup>	13.07 <sup>ab</sup>
	8	64.44 <sup>a</sup>	3.25 <sup>b</sup>	14.40 <sup>ab</sup>
	SEM	1.62	0.34	1.25
Laminarin	0	66.11	2.43 <sup>ab</sup>	13.87 <sup>ab</sup>
	2	68.54	2.95 <sup>ab</sup>	16.17 <sup>a</sup>
	4	68.08	3.06 <sup>ab</sup>	13.97 <sup>bc</sup>
	6	68.02	3.56 <sup>a</sup>	15.43 <sup>ab</sup>
	8	66.74	1.47 <sup>b</sup>	12.88 <sup>c</sup>
	SEM	1.41	0.38	0.77

<sup>1)</sup> Standard errors of the mean (n = 3).

<sup>a-c</sup> Means with the same letter in each sample are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Fig. 2. Hardness profile analysis of the pork patties added with (a) fucoidan and (b) laminarin extract by gamma irradiation.**

였으나, 본 연구에서는 항산화제에 의한 효과가 나타나지 않았다.

### 경도 측정

추출한 푸코이단/라미나린 첨가 돈육 패티의 경도 변화를 Fig. 2에 제시하였다. 실험 결과 푸코이단/라미나린 첨가구가 무첨가구보다 경도가 약 2배 정도 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 조사에 의한 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 푸코이단/라미나린 첨가구가 무첨가구에

**Table 3. Total aerobic bacterial counts of the pork patties added with (a) fucoidan and (b) laminarin extract by gamma irradiation**

Irradiation dose (kGy)	Microbial contamination (unit : Log CFU/g)		
	Control	Fucoidan	Laminarin
0	3.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>
2	3.1 <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
4	ND <sup>c2)</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
6	ND <sup>c</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
8	ND <sup>c</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
SEM <sup>1)</sup>	0.05	0.06	0.04

<sup>1)</sup> Standard errors of the mean (n = 3).

<sup>2)</sup> Viable colony was not detect at detection limit < 10<sup>2</sup> CFU/g.

<sup>a-c</sup> Means with the same letter in each sample are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

비해 낮은 경도를 나타내는 것은 패티의 보수성이 향상되었기 때문이라고 판단되며, 이는 미역 페이스트 첨가 시 패티의 경도를 감소하였다는 Hwang 등(1998)의 연구결과와 일치하였다. Moe 등(1995)에 따르면 미역에 함유된 알긴산은 생고분자로서 분자간 matrix 내에 수분을 포집하는 능력이 강하다고 발표하였다. 미역 내 함유된 생고분자 물질인 푸코이단/라미나린을 패티에 첨가하면 전체적으로 패티의 보수성이 증가하여 패티의 조직을 부드럽게 만든 것이라고 판단된다.

### 미생물 오염도 평가

푸코이단/라미나린 첨가한 돈육 패티의 미생물 오염도 측정결과를 Table 3에 제시하였다. 패티 비 조사구의 경우 모든 시료 처리구에서 3.2-3.5 Log CFU/g의 미생물이 검출되었으며, 조사에 의해 미생물이 사멸하였다. Oh 등(2004)에 따르면 로즈마리 추출 분말을 첨가한 햄버거 스테이크에서 약 5 Log CFU/g이 검출되었으며 조사에 의해 미생물이 검출되지 않았다고 보고하였으며, 이는 실크 펩타이드를 첨가한 햄버거 패티의 결과와 유사하였다(Kim *et al.*, 2007). 시료 무첨가구의 경우 패티 2 kGy에서 3.1 Log CFU/g이 검출된 반면, 푸코이단/라미나린 첨가구에서는 미생물이 검출되지 않았다. 이는 미역에서 추출한 푸코이단/라미나린이 패티 내에 있는 병원성 미생물을 억제한 것이라고 사료된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 감마선 조사 기술을 이용하여 추출한 저급미역에 함유된 푸코이단/라미나린을 돈육 패티에 첨가하였을 때 패티의 지질산화를 효과적으로 억제하고 조직을 부드럽게 하는 것으로 확인되었다. 또한 감마선 조사와 푸코이단/라미나린을 병용처리 하였을 때 효과적으로 미생물을 제어하는 것으로 나타나 식품산업에서의 천연 항산화제로서 이용이 가능할 것이라고 판단된다.

## 요 약

저급미역에서 추출한 푸코이단/라미나린의 천연 항산화제로서의 이용 가능성을 평가하기 위해 돈육 패티에 이를 첨가하여 품질평가를 하였다. 푸코이단/라미나린 첨가 돈육 패티의 지질산패도를 측정된 결과 무첨가구에 비해 효과적으로 패티의 지질산화를 억제한 것으로 나타났다. 이는 조사선량에 따라 지질산화 억제 효과가 증진하였다. 감마선 조사한 돈육 패티의 색도 변화를 측정된 결과, 시료 무첨가구와 라미나린 첨가구는 조사에 의한 유의적인 차이는 없었으나 푸코이단 처리구의 경우 패티의 조사선량이 증가함에 따라 명도가 증가하는 경향을 보였다. 돈육 패티에 푸코이단/라미나린을 첨가하였을 때 패티의 보수성이 증가하여 경도가 감소하였으며, 이는 감마선 조사에 의한 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 그리고 감마선 조사와 푸코이단/라미나린 병용처리하는 패티의 미생물을 제어하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 감마선 조사와 이 기술을 활용하여 추출한 푸코이단/라미나린을 병용처리 하였을 때 미생물학적 안전성을 확보하고 품질을 개선시켜 식품산업에서의 천연 항산화제로서 적용할 수 있을 것이라고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 원자력연구개발사업 및 국토해양부 마린 바이오21사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Bekhit, A. E. D., Geesink, G. H., Ilian, M. A., Morton, J. D., and Bickerstaffe, R. (2003) The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. *Food Chem.* **81**, 175-187.
- Deville, C., Gharbi, M., Dandriofosse, G., and Peulen, O. (2007) Study on the effects of laminarin, a polysaccharide from seaweed, on gut characteristics. *J. Sci. Food Agric.* **87**(9), 1717-1725.
- El-Alim, S. S. L. A., Lugasi, A., Hovari, J., and Dworschak, E. (1999) Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. *J. Sci. Food Agric.* **79**, 277-285.
- Guiry, M. D. and Blunden, G. (1991) Seaweed resources in Europe: uses and potential. (eds.). Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Hwang, J. K., Hong, S. I., Kim, C. T., Choi, M. J., and Kim, Y. J. (1998) Quality changes of meat patties by the addition of sea mustard paste. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 477-481.
- Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., Moon, Y. S., and Sohn, S. H. (2007) Effect of dietary supplementation of ground grape seed on growth performance and antioxidant status in the intestine and liver in broiler chickens. *Korean J. Poult. Sci.* **34**, 1-8.
- Jeon, T. W., Park, J. H., Shin, M. G., Kim, K. H., and Byun, M. W. (2003) Effects of gamma-irradiation on biological activities and color changes of extracts of *Schizandrae fructus*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 137-142.
- Jo, C., and Ahn, D. U. (2000) Production volatile compounds from irradiated oil emulsions containing amino acids or proteins. *J. Food Sci.* **65**, 612-616.
- Kang, E. Z., Kim, S. Y., and Ryu, C. H. (2003). A study on preparation of *Wanjajun* for cook/chill system. Preparation of *Wanjajun* with herb and quality characteristics. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 661-666.
- Kim, J. H., Park, J. G., Song, B. S., Lee, J. W., Kim, W. G., Hwang, Y. J., and Byun, M. W. (2007) Combined effect of gamma irradiation and silk peptide on the radio-sensitivity of bacteria and storage stability of ready-to-eat hamburger patty. *Korean J. Food Preserv.* **14**, 481-486.
- Lee, J. W., Kim, J. H., Kim, J. H., Oh, S. H., Seo, J. H., Kim, C. J., Cheong, S. H., and Byun, M. W. (2005) Application of gamma irradiation for the microbiological safety of fried-frozen cheese ball. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 729-733.
- Lee, S. H., Moon, W. S., and Park, K. N. (2000) Antimicrobial activity of *Caesalpinia sappou* L. extracts and its effect on preservation of ground meats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 729-733.
- Lee, Y. K., Jung, H. J., and Lee, H. K. (2006) Marine bacteria associated with the Korean brown algae, *Undaria pinnatifida*. *The J. Microbiol.* **44**, 694-698.
- Mian, A. J., and Percival, E. (1973) Carbohydrates of the brown seaweeds: *Himantalia lorea*, *Bifurcaria bifurcata* and *Padina pavonia*. *Carbohydr. Res.* **26**, 133-146.
- Moe, S. T., Draget, K. I., Skjak-Brak, G., and Smithrod, O. (1995) Alginates. In "Food polysaccharides" Stephen, A. M. (eds.) Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 245.
- Murphy, A., Kerry, I. P., Buckley, J., and Gray, I. (1998) The anti-oxidative properties of rosemary oleoresin and inhibition of off-flavours in precooked roast beef slices. *J. Sci. Food Agric.* **77**, 235-243.
- Oh, S. H., Kim, J. H., Lee, J. W., Lee, Y. S., Park, K. S. Kim, J. G., Lee, H. K., and Byun, M. W. (2004) 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. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 687-693.
- Park, K. S., Kim, J. G., Lee, J. W., Oh, S. H., Lee, Y. S., Kim, J. H., Kim, J. H., Kim, W. G., and Byun, M. W. (2004) Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks: Improvement in quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 694-699.
- Rioux, L. E., Turgeon, S. L., and Beaulieu, A. (2007) Char-

- acterization of polysaccharides extracted from brown seaweeds. *Carbohydr. Polym.* **69**, 530-537.
20. Smit, A. J. (2004) Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review. *J. Appl. Phycol.* **16**, 245-262.
21. SPSS (1997) Statistical Package for the Social Sciences, Norman.
22. Thayer, D. W. (2000) Food irradiation: Benefits and concerns. *J. Food Qual.* **13**, 147-169.
23. Zhang, D. M., Miao, G. R., and Pei, L. Q. (1984) Studies on *Undaria pinnatifida*. *Hydrobiologia* **116/117**, 263-265.

---

(Received 2008.12.5/Revised 2008.12.29/  
Accepted 2008.12.29)