J Korean Soc Food Sci Nutr
37(6), 810~814(2008)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2008.37.6.810

# 참치 자숙액의 항산화 활성에 감마선 조사가 미치는 영향

– 연구노트 –

이희섭[1,3] · 김현주[1] · 최종일[1] · 김재훈[1] · 김진규[1] · 전병수[2] · 안동현[2] · 정영진[3] · 김영지[4] · 변명우[1] · 이주운[1†]

[1]한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소 방사선식품생명공학연구실
[2]부경대학교 식품생명공학부, [3]충남대학교 식품영양학과, [4]영남이공대학 식품조리계열

# Antioxidant Activity of the Ethanol Extract from Cooking Drips of *Thunnus thynnus* by Gamma Irradiation

Hee-Sub Lee[1,3], Hyun-Joo Kim[1], Jong-il Choi[1], Jae-Hun Kim[1], Jin-Gyu Kim[1], Byung-Soo Chun[2], Dong-Hyun Ahn[2], Young-Jin Chung[3], Yeung-Ji Kim[4], Myung-Woo Byun[1], and Ju-Woon Lee[1†]

[1]*Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea*
[2]*Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*
[3]*Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National Univ.ersity, Daejeon 305-764, Korea*
[4]*Division of Food Beverage and Culinary Art, Yeungnam College of Science and Technology, Daegu 705-703, Korea*

## Abstract

This study was conducted to examine the effect of a gamma irradiation on the antioxidant activity of ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus* (ECT). The electron donating ability against 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH), authentic hydroxyl radical scavenging activity by Ultra Weak Luminescence Analyzer, oxidative protection factors by Racimat method, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and β-carotene bleaching activity were measured as indices of antioxidant activity. All of the results shown that irradiation increased the antioxidant activity of ECT. These results suggested that ECT could be used as an antioxidative component in food and gamma irradiation could enhance these antioxidative properties.

**Key words:** cooking drips, *Thunnus thynnus*, antioxidant activity, gamma irradiation

## 서 론

우리나라 수산가공품은 맞벌이 주부의 등장과 같은 사회적 환경변화로 간편성을 부여한 자숙처리 수산물 및 통조림 등과 같은 제품이 주류를 이루고 있는 추세이다. 이러한 식품소비 패턴으로 인해 참치, 굴 및 문어의 경우 주로 이용의 간편성을 위해 자숙처리가 동반되는 통조림 및 건제품 등의 형태로 제조되어 소비되고 있다(1).

참치는 고단백식품으로 영양적으로 우수할 뿐 아니라 혈중 콜레스테롤 농도를 낮추어 동맥경화를 예방하며, 항암작용이 있다고 알려져 각광을 받는 식품 중에 하나가 되었다(2,3). 세계적으로 참치 어획량은 연간 400만 톤에 달하며 우리나라의 경우 연간 26만 톤 정도를 어획하고 있다. 이중 약 40%에 해당하는 6만3천 톤이 참치통조림과 가쓰오부시로 생산되고 있다(4). 참치 가공품인 통조림과 가쓰오부시를 제조하기 위해서는 우선적으로 자숙처리가 동반되어야 하는데(5), 이로 인해 나오는 참치 자숙액은 8 Brix 기준으로 연간 2만7천 톤으로 약 13%에 달하고 있다(4). 참치 자숙액에는 다량의 유리아미노산은 물론 collagen 유래 단백질로 carnosine 및 taurine과 같은 다양한 유용성분이 함유되어 있음에도 불구하고 이를 활용한 연구는 매우 미비한 실정이다. 현재 산업적으로 참치 자숙액은 가열, 농축시킨 후 주로 동물사료 및 식품의 원료로 이용되고 있으나 자숙액 고유의 색상이 진하고 가공과정에서의 위생적인 문제로 인한 미생물에 오염될 소지가 있어, 이를 개선하기 위한 연구가 시급한 실정이다.

한편, 감마선 조사기술은 식품의 저장 중 영양 및 관능적인 품질 저하 없이 병원성, 부패성 미생물을 없애는 효율적인 방법으로 알려져 있다(6). 또한 잔류독성이 없어 식품 원래의 품질을 유지하며 여러 가지 긍정적인 효과가 보고되어 있으며(7), 천연 추출물에 감마선 조사를 적용하여 첨가제 등으로 사용하기에 적합하도록 색상을 개선하며 본래 가지고 있던 생리활성을 유지한다는 연구결과가 보고되었다(8). 최근 Kim 등(9)은 감마선 조사에 의해 문어 자숙액의 생리

†Corresponding author. E-mail: sjwlee@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-570-3204, Fax: 82-42-570-3207

활성을 개선하여 식품 및 의약산업에서의 이용 가능성을 제시하였다.

항산화 물질은 산화를 억제하는 기능을 가지고 있으며 특히 유지와 같이 쉽게 산화되는 성분의 산화를 지연시키는 효과가 있다. 근래 이들 항산화제가 인체 내 free-radical을 소거시키는 작용으로 노화억제, 항암효과 등이 거론되고 있어 유지식품 이용과 함께 기능성 활성성분으로 각광받고 있다. 항산화 활성 측정방법으로는 라디칼 소거능 활성 시험이 가장 널리 이용되고 있으며 최근에는 Ultra Weak Luminescence Analyzer(UWLA)를 이용한 라디칼 소거능 측정 시험이 도입되어 이를 활용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이 외에도 유지 및 식품에 적용하는 현상 시험법 및 가속시험을 통한 산화 예측 방법 등 많은 방법이 개발되어 있는데 방법에 따라 측정원리가 다르기 때문에 방법에 따라 실험결과가 다를 수 있다. 따라서 신속하면서 신뢰성이 있는 결과를 얻기 위해서는 자기 목적에 맞게 실험을 선택할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 수산 가공 폐자원인 참치 자숙액을 식품 및 공중보건산물의 기능성 소재로 사용하고자 참치 자숙액을 에탄올로 추출하여 감마선 조사 후 전자공여능, 라디칼 소거능, 산화안정성, FRAP, β-carotene bleaching assay를 측정하여 항산화 활성의 변화에 대해 알아보았다.

## 재료 및 방법

### 시료 준비

본 연구에서 사용한 참치 자숙액은 동원 F&B에서 제공받았다. 시료 내의 유용성분을 효율적으로 추출하기 위해 에탄올을 70%로 제조하여 시료와 70% 에탄올을 1:10 비율로 혼합하여 감마선 조사하였다.

### 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소(Jeongeup, Korea) 내 선원 30만 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 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0, 10, 30 및 50 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 참치 자숙액은 screw-tube에 밀봉하여 4°C에 보관하여 실험에 사용하였다.

### DPPH를 이용한 전자공여능 측정

감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 전자공여능은 Blois(10)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH, Sigma, St. Louis, MO) 1 mL을 넣고 교반한 후 30분 동안 실온에 정치한 다음 반응용액을 분광광도계(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 다음과 같은 계산식에 의해 환산되었다.

$$\text{전자공여능}(\%) = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

### Ultra Weak Luminescence Analyzer(UWLA)를 이용한 라디칼 소거 시험

감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 hydroxyl 라디칼 소거능을 측정하기 위해 Ultra Weak Luminescence Analyzer(UWLA)를 이용하였다. 3 μM IBG 1 mL, 1 mM $FeSO_4$ 0.1 mL, 3% $H_2O_2$ 1.6 mL, 10 mM EDTA 0.05 mL을 넣어 혼합하였다. 그 후 quartz round-bottom을 ultra weak luminescence analyzer(BJL, Jye Horn Co., Taipei, Taiwan)의 black-box unit에 넣고 ultraweak photon을 측정하였다. Photon이 안정화되었을 때 500 μL/mL의 시료 2 μL를 반응혼합물에 첨가한 후 안정화된 counts에서 갑작스런 하락이 되어 재안정화되면 다시 시료 2 μL를 넣고, 이를 반복하여 여러 단계의 sudden drop을 얻었다. Calibration은 전압범위 860~867 사이에서 10000 photon count/sec의 양을 산출하는 $^{14}C$-light source를 이용하였고, 6000 V에서 10분간 수행하였다.

### 산화안정성 평가

감마선 조사한 참치 자숙액의 산화안정도 실험은 Rancimat (743 Metrohm, Switzerland)를 이용하여 reaction vessel에 옥수수유 4 g과 시료 1 g을 취한 후, 120°C에서 시간당 20 L의 여과된 공기를 주입하여 산화시켰다. 이때 발생하는 휘발성 산화 생성물을 50 mL의 증류수가 들어있는 absorption vessel에 이행시켜 전기전도도의 변화에 따라 자동적으로 산출된 유도기간으로 항산화 정도를 측정하였다(11). 항산화력의 비교는 참치 자숙액을 첨가하지 않은 옥수수유 시료를 대조구로 하여 산출한 산화보호지수(protection factor, Pf)로서 표시하였다.

$$\text{Pf (protection factor)} = \frac{\text{참치 자숙액 첨가구의 유도기간}}{\text{무첨가구의 유도기간}}$$

### Ferric-reducing antioxidant power(FRAP) 측정

감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 FRAP 측정은 Benzie와 Strain(12)의 방법을 참고하여 측정하였다. FRAP reagent는 25 mL acetate buffer(300 mM, pH 3.6)를 37°C에서 가온한 후, 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-tri-azine(TPTZ, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 2.5 mL과 20 mM ferric sulfate ($FeSO_4$) 2.5 mL을 가하여 제조하였다. 제조된 0.9 mL FRAP reagent에 시료 0.03 mL과 증류수 0.09 mL을 넣은 후 37°C

에서 10분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. Control은 시료 대신 70% 에탄올을 넣어 측정하였다. 계산은 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2.5 및 5 mM의 농도로 반복하여 작성한 $FeSO_4$의 검량식에 대입하여 구하였다.

### β-carotene bleaching assay를 이용한 항산화 활성 측정

감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 항산화 효과 변화를 측정하기 위하여 Matthaus 방법(13)을 변형하여 β-carotene bleaching assay를 실시하였다. β-carotene(1 mg/mL in chloroform) 용액 1 mL에 linoleic acid 40 μL를 플라스크에 넣은 후 질소가스로 chloroform을 휘발시키고 증류수 100 mL을 서서히 넣은 후 천천히 교반하였다. 이 용액 5 mL에 시료 200 μL를 넣은 후 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최초 흡광도를 측정한 후 반응용액을 50℃ 수욕에 보관하면서 15분 간격으로 최대 120분까지 측정하였다. 또한 실험을 통하여 측정된 흡광도를 기준으로 항산화지수(antioxidant index; AI)를 다음의 계산식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Antioxidant index (AI)} = 100 \times \frac{\text{참치 자숙액 첨가구의 유도기간}}{\text{무첨가구의 유도기간}}$$

### 통계분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software(14)에서 프로그램에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석을 한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 라디칼 소거능 측정

감마선 조사된 참치 자숙액의 전자공여능 및 hydroxyl 라디칼 소거능 측정 결과를 Fig. 1 및 Table 1에 제시하였다. 전자공여능을 측정한 결과 normal인 70% 에탄올은 전자공여능이 없는 것으로 나타났고, 비조사군의 경우 59.45%로 나타났으며, 조사 처리군인 50 kGy에서는 75.62%의 전자공여능을 나타냈다(Fig. 1). Hydroxyl 라디칼 소거능은 Ultra Weak Luminescence Analyzer(UWLA)를 이용하여 측정하였다. UWLA는 시료의 처리량에 따른 hydroxyl 라디칼의 소거능을 확인할 수 있는 실험으로써 UWLA 측정 결과 normal인 70% 에탄올에서는 라디칼 소거능을 보이지 않았고, 비조사군에서는 53.31%의 hydroxyl 라디칼 소거능을 보였으며 50 kGy에서는 63.69%의 hydroxyl 라디칼 소거능을 보였다(Table 1). Kim 등(9)은 문어 자숙액에 감마선을 조사할 경우 전자공여능이 증가하였다고 보고하였고, Park 등(15) 또한 톳 자숙액에서 높은 전자공여능을 확인하였다고 보고하였다. Kim과 Chung(16)은 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 함량과는 높은 상관관계를 가진다고 보고하였고, Jeong 등(17)도 분자량이 큰 페놀 화합물이 원적외선에 의해 절단된 후 유리되어 작은 분자량의 폴리페놀로 변하면서 그 함량이 증가되어 라디칼 소거능의 증가에 영향을 준다고 보고하였다. 따라서 감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 라디칼 소거능의 증가는 감마선 조사에 의해 유리된 페놀성 물질들의 증가로 인한 것이라 사료되며, 식품 및 공중보건산업에서의 항산화 첨가제로서의 이용가치를 가질 것으로 사료된다.

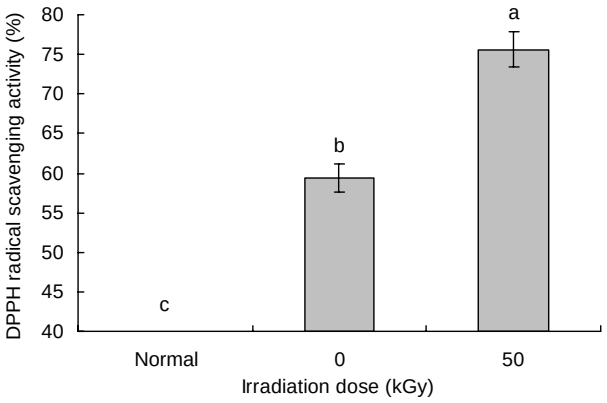


**Fig. 1. Electron donating ability (%) of the 70% ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus* treated by gamma irradiation.** Normal: 70% ethanol. [a-c]Values with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

**Table 1. Hydroxyl radical scavenging activity of the 70% ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus* treated by gamma irradiation using Ultra Weak Luminescence Analyzer**

| Injection sample volume (μL) | Hydroxyl radical scavenging activity (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Normal[1)] | 0 kGy | 50 kGy | SEM[2)] |
| 2 | 0[c3)] | 24.74[b] | 35.03[a] | 0.05 |
| 4 | 0[c] | 35.56[b] | 45.44[a] | 0.10 |
| 6 | 0[c] | 47.63[b] | 54.89[a] | 0.12 |
| 8 | 0[c] | 53.31[b] | 63.69[a] | 0.09 |

[1)]Normal: 70% ethanol.
[2)]Standard errors of the mean (n=3).
[3)]Values with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

### Rancimat을 이용한 산화안정성 평가

감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 산화안정도를 평가하기 위해 비조사구인 0 kGy와 조사구인 50 kGy를 Rancimat test를 하였다(Fig. 2). Rancimat test는 고온(130℃ 내외)에서 공기를 유지에 불어넣어 산화를 촉진하면 여기서 발생되는 휘발성 물질을 초순수 증류수에 흡수시켜 전기전도도로 산화정도를 측정하는 방법으로 과정이 단순하고 재현성이 있으며 1회에 많은 시료를 처리할 수 있는 장점이 있다(18). Rancimat은 유지의 산화안정도가 길수록 높은 값을 가지게 된다. 산화안정도를 평가한 결과 대조구인 옥수수유의 산화보호지수(protection factor, Pf)를 1로 산술하였을 때 0 및 50 kGy의 산화보호지수가 각각 1.15 및 1.23

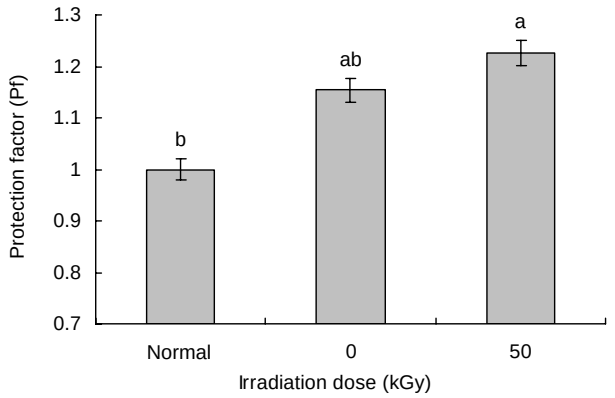


**Fig. 2. Protection factor (Pf) of the 70% ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus* treated by gamma irradiation using Rancimat test.** Normal: 70% ethanol. [a,b]Values with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

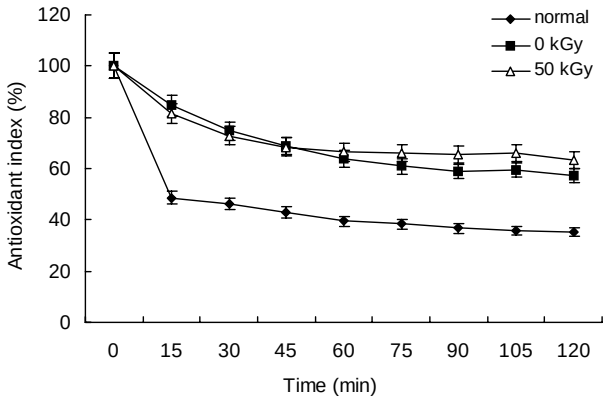


**Fig. 3. β-carotene bleaching assay of the 70% ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus*.** Normal: 70% ethanol.

으로 확인되어 감마선 조사 시 유지의 산화안정도가 증가하는 경향을 나타내었다. Kim 등(19)에 따르면 감마선 조사에 의해 감귤 정유의 전자공여능이 증가하였으며 돈육에 감마선 조사된 감귤 정유를 첨가하였을 경우 돈육의 산화가 억제된다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 방사선 조사에 의한 전자공여능의 증가가 산화안정성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### Ferric-reducing antioxidant potantial(FRAP) 측정

FRAP 측정법은 항산화력을 측정하는 방법 중 하나로 플라스마의 ferric-reducing ability를 변형하여 측정하였다. FRAP은 화합물의 환원력을 측정하는 방법으로 $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$로 환원시키는 힘을 측정하게 된다. 라디칼 소거능을 측정하는 방법과 달리 환원력에 의한 항산화능을 측정할 수 있는 방법이다. 감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물을 FRAP assay를 이용하여 환원력을 측정한 결과를 Table 2에 제시하였다. FRAP assay 결과 normal인 70% 에탄올에서는 환원력이 측정되지 않았고, 0 및 50 kGy의 환원력은 각각 0.96 및 1.22 mM로 증가하는 경향을 보였다. Kim 등(20)에 따르면 감마선 조사에 의해 비파 메탄올 추출물의 환원력이 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없다고 보고하였고, Sohn 등(21) 또한 민들레 추출물에 감마선을 조사하였을 시 환원력이 증가하는 경향을 보인다고 보고하였다.

**Table 2. Ferric reducing antioxidant potential (FRAP) values of irradiated 70% ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus***

| | Irrdiation dose (kGy) | | | SEM[2)] |
|---|---|---|---|---|
| | Normal[1)] | 0 kGy | 50 kGy | |
| FRAP value (mM FRAP/g of sample) | 0[c3)] | 0.96[b] | 1.22[a] | 0.05 |

[1)]Normal: 70% ethanol.
[2)]Standard errors of the mean (n=3).
[3)]Values with different letters within the same row differ significantly ($p<0.05$).

### β-carotene bleaching assay를 이용한 항산화 활성 측정

감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 항산화 효과 변화를 측정하기 위하여 β-carotene bleaching assay를 실시한 결과를 Fig. 3에 제시하였다. β-carotene bleaching assay는 linoleic acid와 β-carotene이 반응하여 β-carotene 특유의 주황색이 급격히 퇴색되는 것을 시료가 어느 정도 억제하는지 흡광도를 통해 알아보는 방법(13)이다. 실험결과 normal에서는 15분까지 항산화지수가 39%로 급격히 감소한 뒤 유지되었고, 0 및 50 kGy는 각각 75분과 45분까지 60% 및 68%로 항산화지수가 감소한 뒤 유지되었으며, 감마선 조사에 의한 β-carotene 유지력의 차이는 조사에 의해 유지력이 증가하는 경향을 보였다.

지금까지 수산물의 항산화활성에 대해 일부 보고(22-24)되어 있으나 수산 가공 폐자원인 참치 자숙액에 감마선 조사를 적용한 항산화 활성에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 감마선 조사에 의해 참치 자숙액 에탄올 추출물의 항산화 활성이 증가하여 이를 이용한 식품 및 공중보건산물의 첨가제로서의 이용 가능성이 있다고 판단된다.

## 요 약

수산 가공 폐기물중 하나인 참치 자숙액을 이용하여 천연 기능성 소재 개발을 하기 위해 참치 자숙액 에탄올 추출물에 감마선 조사(0, 50 kGy)를 하여 전자공여능을 확인하고, FRAP, UWLA, Rancimat 등을 사용하여 항산화 활성 변화에 관하여 알아보았다. 감마선 조사한 참치 자숙액의 전자공여능 및 hydroxyl 라디칼 소거능 측정 결과 감마선 조사에 의해 각각 16.17% 및 10.38% 증가하였고, 산화안정지수 및 FRAP value 또한 각각 23% 및 26% 증가하였다. β-carotene bleaching assay를 이용하여 항산화지수를 측정한 결과 감마선 조사에 의해 항산화지수가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 참치 자숙액 자체가 가지고

있는 항산화 활성 및 산화안정성을 감마선 조사 기술을 사용하여 증진시켜 식품 및 공중보건산물의 첨가제로서의 이용이 가능할 것이라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 마린바이오 21사업의 해양바이오 프로세스연구단 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 문 헌

1. Kim JS, Yeum DM, Kang HG, Kim IS, Lee TG, Kong CS, Heu MS. 2002. *Fundamentals and applications for canned foods*. Hyoil Publishing Co, Seoul. p 351-360.
2. Carrill KK. 1986. Biological effects of fish oils in relation to chronic diseases. *Lipids* 21: 731-732.
3. Mehta J, Lopez LM, Wargovich T. 1987. Eicosapentaenoic acid: its relevance in atherosclerosis and coronary artery disease. *Am J Cardiol* 59: 155-159.
4. Kang MK, Song KB. 2006. Quality characteristics of *Gochujang* with the addition of skipjack cooking broth as protein source. *Korean J Food Preserv* 13: 457-464.
5. Kim JS, Yeum DM, Kang HG, Kim IS, Kong CS, Lee TG, Heu MS. 2002. *Fundamentals and applications for canned foods*. Hyoil Publishing Co, Seoul. p 45-48, 95.
6. Byun MW. 1994. Application of irradiation techniques to food industry. *Radioistope News* 9: 32-37.
7. Thayer DW. 1990. Food irradiation; Benefits and concerns. *J Food Qual* 13: 147-169.
8. Jo C, Son JH, Byun MW. 2003. Irradiation application for color removal and purification of green tea leaves extracts. *Radiat Phy Chem* 66: 179-184.
9. Kim HJ, Choi JI, Lee HS, Kim JH, Byun MW, Chun BS, Ahn DH, Yook HS, Lee JW. 2007. Improvement of physiological activity of the ethanol extract from boiled-water of *Enteroctopus dofleini* by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1612-1616.
10. Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
11. Laubli MW, Brutel PA. 1986. Determination of the oxidative stability of fats and oils; Comparition between the active oxigen method (AOCS Cd 12-57) and the rancimat method. *JAOCS* 63: 792-796.
12. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxiant power": The FRAO assay. *Anal Biochem* 230: 70-79.
13. Matthaus B. 2002. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. *J Agric Food Chem* 50: 3444-3452.
14. SPSS. 1970. Statistical Package for the Social Csiences. Norman.
15. Park KE, Jang MS, Lim CW, Kim YK, Seo Y, Park HY. 2005. Antioxidant activity on ethanol extract form boiled-water of *Hizikia fusiformis*. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 435-439.
16. Kim YC, Chung SK. 2002. Reactive oxygen radical species scavenging effects of Korean medicinal plant leaves. *Food Sci Biotechnol* 11: 407-411.
17. Jeong SM, Kim SY, Park HR, Lee SC. 2004. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of extracts from *Citrus unshiu* peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1580-1583.
18. Choi U, Shin DH, Chang YS, Shin JI. 1992. Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. *Korean J Food Sci Technol* 24: 142-148.
19. Kim HJ, Jo C, Lee NY, Son JH, An BJ, Yook HS, Byun MW. 2005. Effect of gamma irradiation on physiological activity of citrus essential oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 797-804.
20. Kim HJ, Jo C, Kim TH, Kim DS, Park MY, Byun MW. 2006. Biological evaluation of the methanolic extract of *Eriobotrya japonica* and its irradiation effect. *Korean J Food Sci Technol* 38: 684-690.
21. Sohn SH, Jo C, Oh MJ, Sohn CB, Byun MW. 2006. Studies on the changes of biological activity and physicochemical characteristics of gamma irradiated dandelion extracts. *Food Eng Pro* 10: 40-47.
22. Kaneda T, Ando H. 1971. Component lipids of purple laver and their antioxigenic activity. *Proc Int Seaweed Symp* 7: 553-557.
23. Fujimoto K, Kaneda T. 1984. Separation of antioxidant compounds from marine algae. *Hydrobiologia* 116/117: 111-113.
24. Kang KT, Heu MS, Kim JS. 2007. Improvement on the quality and functionality of red tanner crab cooking drip using commercial enzymes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1022-1030.

(2008년 3월 12일 접수; 2008년 5월 27일 채택)