감마선 조사에 의한 수산 자숙액의 생리활성에 대한 연구

조으리 · 김연주 · 최종일 · 성낙윤 · 정필문 · 김재훈
송범석 · 윤요한 · 이주연[1] · 이주운*

한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소,
[1]전북대학교 농업생명과학대학원 원예학과

Study on the Physiological Activities of Gamma-irradiated Seafood Cooking Drips

Eu-Ri Jo, Yeon-Joo Kim, Jong-il Choi, Nak-Yun Sung, Pil-Moon Jung,
Jae-Hun Kim, Beom-Seok Song, Yohan Yoon, Ju-Yeoun Lee[1] and Ju-Woon Lee*

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute,
Jeongeup 580-185, Korea
[1]Department of Horticultural Science, Chonbuk National University,
Jeonbuk 561-756, Korea

Abstract - Cooking drips which were obtained as by-product after seafood processing in the food industries, still contain lots of proteins, carbohydrates, and other functional materials. This study was conducted to investigate the effect of gamma irradiation on the biological activities of seafood cooking drips. When the cooking drips of *Hizikia fusiformis*, *Enteroctopus dofleini* and *Thunnus thynnus* were irradiated, the antioxidant activities, whitening effect, and angiotensin I converting enzyme inhibition activity of the ethanol extract from seafood cooking drips were all increased by gamma irradiation. This was because of the increased extraction efficiency of available compounds by irradiation. These results suggested that the seafood cooking drips, wasted as by-products, can be used as functional compounds with gamma irradiation treatment.

Key words : Cooking drips, Radiation, Antioxidant, Whitening effect, ACE inhibition

서 론

최근 들어 건강에 대한 관심이 증폭되면서 천연물들이 갖는 phytochemical과 그들이 갖는 활성에 대한 연구가 증대되고 있다. 해조류는 양적으로 매우 풍부하게 먹을 수 있는 식품으로서 건강에 필수적인 여러 가지 무기염류들을 다량 함유하고 있으며, 동시에 단백질 같은 체구성 영양소도 함유하고 있다. 그리고 식물성 섬유인 알긴산과 칼슘이온, 요오드 성분이 많이 포함되어 있어서 대장의 연동운동을 도와주고 골다공증을 예방해주며, 갑상선 부종을 억제시키는 역할을 하기도 한다. 또한 해조류의 어떤 성분들은 항균, 항암, 항산화 등 많은 생리활성을 갖고 있다고 알려져 있다(Frlich and Riederer 1995; Okai

* Corresponding authors: Ju-Woon Lee, Tel. +82-63-570-3204,
Fax. +82-63-570-3207, E-mail. sjwlee@kaeri.re.kr

et al. 1998; Chen and Chou 2002; Ahn *et al*. 2003).

수산 가공 공장에서 부산물로 얻어지는 자숙액은 톳 (*Hizikia fusiformis*), 문어 (*Enteroctopus dofleini*) 및 참치 (*Thunnus thynnus*) 등과 같은 해양 수산물의 가공 공정에서 다량으로 발생하고 있다. 그러나 이와 같은 수산 가공 제품의 제조 중에서 얻어지고 있는 자숙액의 대부분은 효율적으로 이용되지 못하고 폐기되고 있을 뿐 아니라 고농도의 유기물이 함유되어 있어서 폐수처리 시에 막대한 경비가 소요되어 가공 공장의 생산비를 가중시키며 수질 환경오염에도 큰 문제가 되고 있다 (Choi *et al*. 2008). 그러나, 이들 자숙액에는 원료에 함유되어 있는 폴리페놀 및 단백질과 같은 유용 영양성분 및 기능성 성분이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있어 이를 산업적으로 활용하기 위한 연구가 시급하다 (Oh *et al*. 2007).

감마선 조사는 식품의 영양적인 측면과 관능적 특성의 변화 없이 병원성 미생물과 부패 미생물을 제거하는 가장 좋은 방법으로 알려져 있으며 (WHO 1999), 최근 감마선 조사로 인한 식품 성분의 생리활성변화에 대한 연구 또한 활발히 이루어지고 있다. *Antrodia camphorata* (Huang and Mau 2007), 대두 (Variyar *et al*. 2004), 아몬드 껍질 (Harrison and Were 2007), 로즈마리 (Prez *et al*. 2007), 녹차잎 (Jo *et al*. 2003) 등의 항산화 활성에 감마선이 다양한 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 하지만 자숙액과 같은 천연 추출물의 감마선 조사에 의한 항산화 및 기능성 증진에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 수산 가공 폐액인 톳, 문어 및 참치 자숙액을 식품 및 공중보건산물의 기능성 소재로서 활용하기 위한 기초 자료를 마련하기 위하여 수산 자숙액을 에탄올로 추출하여 감마선 조사한 후 이화학적 성분 및 생리활성 변화를 알아보았다. 또한, 수산 자숙액의 유용 성분 추출 효율 증가를 위하여 70% 에탄올로 추출한 후 자숙액의 기능성 증진을 위한 감마선 조사의 효과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에서 사용한 톳, 문어 및 참치 자숙액은 국내 수산업체에서 구입하거나 제공받아 사용하였다. 시료 내의 불순물을 제거하기 위하여 에탄올을 70%로 제조하여 시료와 70% 에탄올을 톳 및 문어 자숙액의 경우 1 : 3 비율, 참치 자숙액의 경우 1 : 10 비율로 혼합한 후 간헐적으로 흔들어 추출한 다음 에탄올 추출액 상태에서 감마선 조사하였다. 실험에 사용된 용매들은 모두 시약용으로 구매하여 사용하였다.

2. 시료의 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소 (Jeongeup, Republic of Korea) 내 선원 11.1 PBq, ^{60}Co 감마선 조사시설 (point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온 (22±1°C)에서 시간당 10 kGy의 선량률로 각각 0, 1, 3, 5 및 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter (5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetery 시스템은 국제원자력기구 (IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다. 비조사구인 0 kGy는 동일한 온도효과를 얻기 위하여 감마선 조사시설 외부에 둔 후, 조사 직후 처리구와 함께 4°C 냉장고에 저장하였다.

3. DPPH radical 소거능 측정

시료의 전자공여능은 Blois (1958)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 1 ml에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma, St Louis MO, USA) 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.

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

4. FRAP (Ferric-reducing antioxidant potential) 측정

수산 자숙액 에탄올 추출물의 FRAP 측정 방법은 Benzie and Strain (1996)의 방법을 참고하여 측정하였다. FRAP (ferric-reducing antioxidant potential) 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) 5 ml와 20 mM ferric sulfate ($FeSO_4$) 2.5 ml를 가하여 제조하였다. 제조된 0.9 ml FRAP reagent에 자숙액 에탄올 추출물 0.03 ml와 증류수 0.09 ml를 넣은 후 37°C에서 10분간 반응시킨 후 593 nm에서 분광광도계 (UV 1600 PC)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료 대신 70% ethanol을 넣어 측정하였다. 계산은 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2.5 및 5 mM의 농도로 반복

하여 작성한 $FeSO_4$의 검량식에 대입하여 환산하였다.

5. 총 페놀 함량 측정

자숙액 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법 (Gao *et al*. 2000)을 사용하여 분석하였다. 시료 0.1 ml에 Folin-Ciocalteu's reagent (Sigma Chemical Co.) 0.2 ml를 첨가하고 23°C에서 1분간 유지시켰다. 그 후 5% Sodium carbonate 3 ml을 가하여 23°C에서 2시간 방치 후 분광광도계 (UV 1600 PC, Shimadzu)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid (Sigma)를 이용하여 검량곡선을 작성한 후 함량 계산에 활용하였다.

6. Tyrosinase 저해 활성 측정

Tyrosinase 활성저해 측정 방법은 tyrosinase의 작용 결과 생성되는 dopachrome을 비색법을 이용하여 측정하였다 (flurkey 1991). Sigma 사에서 구입한 mushroom tyrosinase (100 unit ml^{-1})을 0.2 ml, 기질로서 DOPA 0.4 ml, 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 6.8) 0.2 ml의 혼합액에 시료 0.2 ml를 첨가한 후 37°C에서 15분간 반응시켜 475 nm에서 측정하고 dopachrome의 변화를 저해능으로 환산하였다. Tyrosinase 저해능 환산식은 다음과 같다.

$$\text{저해능}(\%)=\left(1-\frac{A-C}{B}\right)\times 100$$

A: 시료 자체의 흡광도
B: 시료 대신 70% ethanol을 첨가한 흡광도
C: 효소액 대신 증류수를 첨가한 흡광도

7. B16BL6 세포 배양 및 Melanin 정량

B16BL6 melanoma 세포는 10% fetal bovine serum과 penicillin/streptomysin (100 IU 50 μg^{-1} ml^{-1})을 함유한 Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM) 용액으로 37°C로 유지되는 5% CO_2 배양기에서 배양하였다. B16BL6 세포를 이용한 melanin 측정 시 phenol red가 없는 DMEM을 사용하였다. 6 well plate에 2×10^4 cells ml^{-1}로 분주하고 2시간이 지난 뒤 세포가 plate에 완전히 부착된 것을 확인한 후 건조시킨 자숙액 에탄올 추출물을 PBS에 녹여 전처리하였다. 12시간 후 melanin 생성을 촉진하기 위하여 1 μM α-melanocyte stimulating hormone (MSH, Sigma)을 처치하고 72시간 지난 뒤에 melanin을 정량하였다.

B16BL6 세포에 약물 처치 후 배양이 끝나면 1% Triton X-100 (Sigma)을 함유한 10 mM phosphate buffer (pH 6.8)를 100 μl를 가하고 5분간 shaking한 후에 세포와 용액을 모두 eppendorf tube로 이전시키고 원심 분리하여 cell pellet을 멜라닌 정량에 사용하였다. Cell pellet을 1 N NaOH 100 μl와 증류수 200 μl를 가하고 60°C에서 1시간 배양하여 멜라닌을 완전히 녹인 후 96 well plate에 200 μl를 옮긴 후 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 멜라닌 표준물질로 얻은 검량선을 이용하여 각 well에서 생성된 멜라닌 양을 산출하였다. 멜라닌 생성량은 각 well에서 측정한 단백질 농도를 기준으로 μg mg^{-1} protein으로 표기하였다 (Park *et al*. 2004).

8. 고혈압 저해 효과 측정

감마선 조사에 의한 자숙액 에탄올 추출물의 항고혈압 활성은 ACE 저해활성을 통해 알아보았다. ACE (Angiotensin I Converting Enzyme) 저해활성은 Cushman and Cheung (1971)의 방법으로 다음과 같이 실시하였다. Hippury-L-Histidyl-L-Leusine (HHL) 25 mg을 0.1 M Sodium borate buffer (pH 8.3)에 용해하여 제조한 기질 30 μl에 시료 10 μl를 가하여 37°C에서 10분간 반응하였다. 그 다음 시료 대조군에 1 N HCl 50 μl 첨가하여 반응을 종료시키고 시료 처리군에는 효소 Angiotensin Converting Enzyme (0.5 unit ml^{-1}, Sigma Chemical Co.) 10 μl를 첨가하여 37°C에서 30분간 반응한 다음 1 N HCl 50 μl 첨가하여 반응을 종료하였다. 그 후 모든 처리 군에 ethyl acetate 300 μl를 첨가한 다음 원심분리기를 이용하여 원심분리를 한 후 상층액 250 μl를 취해서 70°C에서 1시간 동안 방치하였다. 그 다음 증류수 300 μl를 첨가하여 교반 후 분광광도계 (UV 1600 PC, Shimadzu)를 이용하여 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. ACE 저해활성 환산식은 다음과 같다.

$$\text{ACE 저해 활성}=\left[1-\frac{(S-S.C)}{(B-B.C)}\right]\times 100$$

S : 시료의 흡광도
S.C.: 시료 대조군의 흡광도
B : 공시험의 흡광도
B.C : 공시험 대조군의 흡광도

9. 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software (Nie *et al*. 1970)에서 프로그램에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석을 한 후 Duncan의 다중위 검정을 실시하였다.

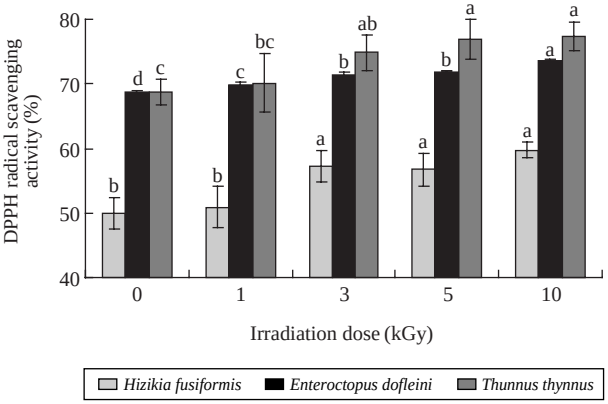

Fig. 1. DPPH radical scavenging activity (%) of the 70% ethanol extracts from gamma-irradiated seafood cooking drips.

Table 1. Ferric-reducing antioxidant potential value of the 70% ethanol extract from gamma-irradiated seafood cooking drips

Irradiation dose (kGy)	*Hizikia fusiformis*	*Enteroctopus dofleini*	*Thunnus thtnnus*
	FRAP value (mM)		
0	0.88[b]	1.87[b]	1.89[b]
10	1.15[a]	2.38[a]	2.77[a]
SEM[1)]	0.04	0.12	0.20

[A-b]Values with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).
[1)]Standard errors of the mean (n=3).

결과 및 논의

1. 항산화 활성 평가

수산 자숙액 70% 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능, FRAP 및 총 페놀 함량을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 측정 결과 톳, 문어 및 참치 자숙액 에탄올 추출물의 전자공여능은 각각 49.92, 68.69 및 68.80%로 나타났다. 또한, 수산 자숙액의 전자공여능은 감마선 조사에 의해 조사선량이 증가함에 따라 증가하여 10 kGy의 감마선 조사 결과 톳, 문어 및 참치 자숙액의 전자공여능은 각각 59.77, 73.57 및 77.33%로 증가함을 알 수 있었다.

FRAP 측정법은 항산화력을 측정하는 방법 중 하나로 DPPH를 이용한 라디칼 소거능을 측정하는 방법과 달리 환원력에 의한 항산화능을 측정할 수 있는 방법이다. 감마선을 조사한 결과 톳, 문어 및 참치 자숙액의 환원력은 비조사구 0.89, 1.87 및 1.89 mM에서 10 kGy 조사 후 각각 1.15, 2.38 및 2.77 mM로 환원력이 증가함을 알 수 있

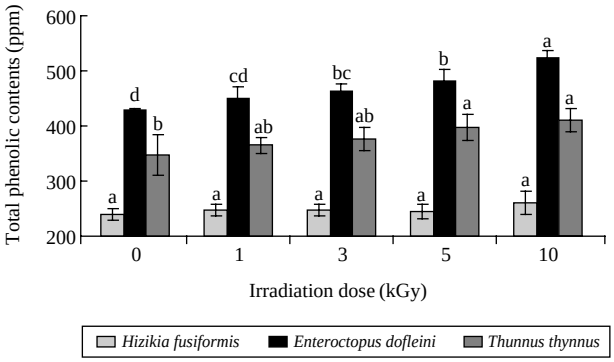

Fig. 2. Total phenolic contents of the 70% ethanol extract from gamma-irradiated seafood cooking drips.

었다 (Table 1). Kim *et al*. (2006)에 따르면 감마선 조사에 의해 비파 (*Eriobotrya japonica*) 메탄올 추출물의 환원력이 증가하는 경향을 보였다고 보고하였고, Sohn *et al*. (2006)은 민들레 (Dandelion) 추출물에 감마선을 조사하였을 시 환원력이 증가한다고 보고하였다.

수산 자숙액의 총 페놀 함량 측정 결과 톳, 문어 및 참치 자숙액에서 각각 239.48, 429.21 및 346.96 ppm의 함량을 나타내었다 (Fig. 2). 또한, 총 페놀 함량은 조사선량이 증가함에 따라 증가하였고, 10 kGy의 감마선 조사 결과 톳, 문어 및 참치 자숙액에서 각각 261.12, 522.78 및 410.78 ppm의 함량을 나타내었다. 본 연구 결과 수산 자숙액 에탄올 추출물은 높은 항산화 활성을 가진다고 생각되었으며, 이들은 또한 감마선 조사에 의해 활성이 증가하는 것을 확인함으로써 감마선 조사한 수산 자숙액 에탄올 추출물은 항산화 활성을 나타내는 기능성 소재로서 이용 가능성이 있다고 생각되었다.

2. Tyrosinase 저해 활성 평가

Tyrosinase는 피부 기저층에 있는 melanocyte의 melanosome에서 tyrosine 혹은 dopa를 기질로 하여 피부의 색소 성분인 melanin을 생합성하는 데 있어서 key enzyme으로 작용하는 효소이다 (Yang *et al*. 2008). 자숙액 내에 존재하는 tyrosinase 저해 활성 물질은 melanocyte cell의 tyrosinase 효소 활성을 저해하여 melanin 합성을 저해하고, 결과적으로 melanin 합성을 막는다 (Kim *et al*. 2008). 수산 자숙액 에탄올 추출물의 tyrosinase 저해 활성을 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 톳, 문어 및 참치 자숙액 에탄올 추출물의 tyrosinase 저해 활성은 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 각각 62.10, 77.12 및 35.82%로 나타났으며, 이는 감마선 조사에 의해 조사선량이 증가함에 따라 증가함을 확인하였고, 10 kGy의 감마선 조사 결과 톳,

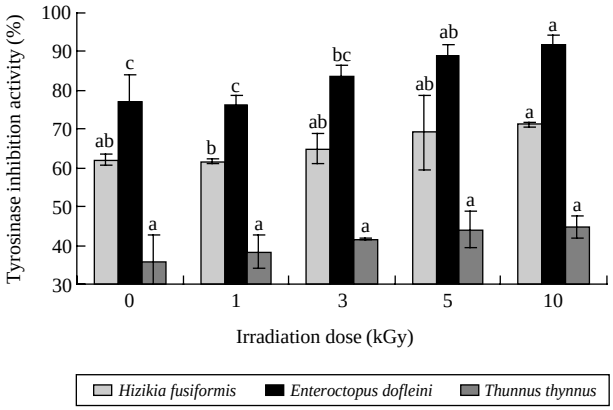

Fig. 3. Tyrosinase inhibition acitivity of the 70% ethanol extract from gamma-irradiated seafood cooking drips.

문어 및 참치 자숙액의 tyrosinase 저해능은 71.14, 91.88 및 44.62%로 증가하였다. Byun *et al*. (2004)은 Flavonoids와 같은 페놀 화합물이 tyrosinase 저해 활성에 관련된 물질이라고 보고하였다. 본 연구 결과 수산 자숙액 에탄올 추출물의 tyrosinase 저해능은 감마선 조사에 의해 증가함을 확인할 수 있었고, 이를 통하여 B16BL6 melanoma cell을 이용한 멜라닌 생합성 시험에서는 비조사한 수산 자숙액과 가장 높은 선량인 10 kGy 조사한 수산 자숙액을 이용하여 멜라닌 생합성량을 측정하였다.

3. Melanin 생합성 시험

표피의 기저층에 존재하는 melanin은 인간의 피부색을 결정짓는 데 가장 중요한 역할을 하며, 멜라닌 세포(melanocyte) 내의 특수한 형태의 갈색 세포내 소기관인 멜라닌소체 (melanosome)에서 합성된다. 멜라닌 합성은 tyrosinase, tyrosinase related protein-1 (TRP-1)과 tyrosinase related protein-2 (TRP-2), cyclic adenosine monophosphate (cAMP) 유도물질인 adrenocorticotropic hormone (ACTH), forskolin과 α-melanocyte stimulating hormone (MSH) 등에 의해서 조절된다 (Creiner *et al*. 1973; Busca and Ballotti 2000). 본 연구에서는 감마선 조사에 의해 수산 자숙액의 tyrosinase 저해능이 높아지는 것을 앞에서 확인하였고, 그러므로 이를 통하여 감마선 조사한 수산 자숙액의 미백 효과를 확인하기 위하여 tyrosinase에 의해 조절되는 melanin 생성량을 측정하였다 (Fig. 4). α-MSH만을 처리한 대조군의 melanin contents는 140.46 μg ml^{-1}의 함량을 나타내었으나, 톳, 문어 및 참치 자숙액 비조사구의 melanin contents는 각각 119.26, 125.86 및 133.33 μg ml^{-1}의 함량을 나타내었다. 또한 10 kGy 감마선 조사한 수산 자숙액의 melanin contents는 각각 110.61, 116.52 및

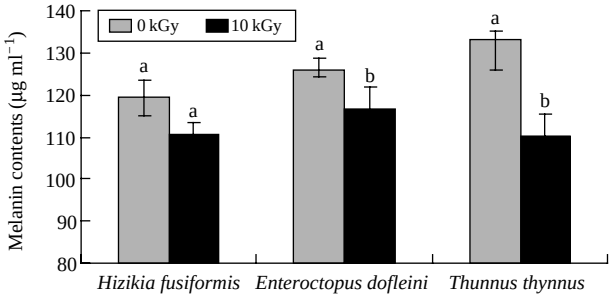

Fig. 4. Melanin synthesis activity of the 70% ethanol extract from gamma-irradiated seafood cooking drips.

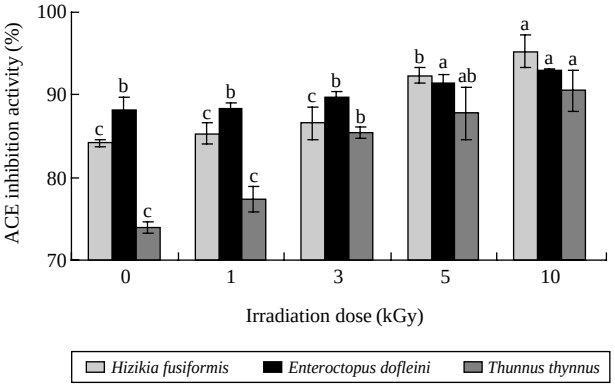

Fig. 5. ACE inhibition activity of the 70% ethanol extract from gamma-irradiated seafood cooking drips.

110.17 μg ml^{-1}의 함량을 나타내었다. 본 연구 결과 수산 자숙액 에탄올 추출물은 세포 내에서 melanin 생합성을 억제하는 효과를 나타내는 것을 확인하였고, 또한 감마선 조사에 의해 melanin 생합성 억제능이 증가하는 것이 나타나 감마선 조사한 수산 자숙액 에탄올 추출물은 미백 효과를 나타내는 기능성 소재로서 이용 가능성이 있다고 사료되었다.

4. 고혈압 저해 효과 측정

ACE는 포유동물에서 혈관 내에서 혈류의 흐름과 염류의 균형을 제어하는 중요한 역할을 한다. 모세혈관 주변에 있는 입자형 세포인 granular가 renin을 혈액 속에 분비하고 renin은 angiotensinogen을 angiotensin으로 바꾸어준다. 이 angiotensin I은 ACE에 의해 angiotensin II로 바뀌며 이것이 부신피질을 자극하여 aldosteron을 분비하게 하고, bradykinin의 분해를 일으켜 결과적으로 혈압의 증가가 일어난다 (Kim 2004). 자숙액 내에 존재하는 ACE 저해 물질은 ACE의 활성 부위에 결합함으로써 angiotensin I과 경쟁적으로 반응하여 angiotensin II의 감소를

일으켜 혈압강하 효과를 나타낸다. 또한 bradykinin의 분해를 차단하여 prostaglandin 등의 혈관 확장 물질의 합성을 촉진하게 된다(Erdos and Skidgel 1987; Messerli 1999). 수산 자숙액 에탄올 추출물의 ACE 저해능 측정 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 톳 자숙액의 ACE 저해능은 84.16%였으며, 문어 및 참치 자숙액의 ACE 저해능은 88.11 및 73.97%로 나타나 높은 ACE 저해능을 나타내었고, 이들은 감마선 조사에 의해 조사선량이 증가함에 따라 증가하는 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과 감마선 조사는 수산 자숙액 에탄올 추출물의 ACE 저해능을 증가시켜 고혈압을 예방하는 기능성 식품으로서의 이용이 가능하리라고 생각된다.

이상의 결과에서 감마선 조사에 의해 수산 가공 폐액인 톳, 문어 및 참치 자숙액 70% 에탄올 추출물은 색도가 개선되었고 유용 성분의 추출 효율이 증대되었으며, 항산화 활성, 미백 효과 및 고혈압 저해능이 증가되는 것을 확인하였다. 본 연구 결과 감마선 조사한 수산 자숙액 에탄올 추출물은 식품 및 공중보건 산물의 기능성 소재로서 활용 가능성이 있다고 사료된다.

결 론

수산물의 통조림 및 건제품 가공공정에서는 부산물로서 다량의 자숙액이 발생되며, 이들은 탄수화물, 단백질을 비롯한 기능성 성분들을 다량 함유하고 있다. 본 연구에서는 감마선 조사가 수산 자숙액의 생리활성에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 수산 자숙액 에탄올 추출물을 감마선 조사한 결과 항산화 활성, 미백 활성 및 고혈압 저해능이 증가되었다. 이는 에탄올 추출물을 감마선 조사한 결과 유용 성분의 추출 효율이 증대된 결과라고 생각되었다. 본 연구 결과 부산물로서 버려지고 있는 수산 자숙액은 감마선을 처리함으로써 기능성 첨가제로서 이용이 가능하다고 사료되었다.

사 사

본 연구는 원자력연구개발사업과 한국원자력연구원 기본사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Ahn MJ, Yoon KD, Kim CY, Min SY, Kim YU, Kim HJ, Kim JH, Shin CG, Lee CK, Kim TG, Kim SH, Huh H and Kim J. 2003. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase and HIV-1 integrase and activiral activity of Korean seaweed extracts. *J. Appl. Phycol*. **14**:325-329.

Benzie IFF and Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of palsma (FRAP) as a measure of “Antioxidant power”: The FRAP assay. *Anal. Biochem*. **230**:70-79.

Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**:1199-1200.

Busca R and Ballotti R. 2000. Cyclic AMP a key messenger in the regulation of skin pigmentation. *Pigment Cell Res*. **13**: 60-69.

Byun MW, Jo C, Jeon TW and Hong CH. 2004. Effects of gamma irradiation on color characteristics and biological activities of extracts of Lonicera japonica (Japanese honeysuckle) with methnaol and acetone. *Lebensm. Wiss. Technol*. **37**:29-33.

Chen CY and Chou HN. 2002. Screening of red algae filaments as a potential alternative source of eicosapentaenoic acid. *Mar. Biotechnol*. **4**:189-192.

Choi J, Kim HJ, Sung NY, Byun EB, Kim JH, CHun BS, Ahn DH, Cho KY, Byun MW and Lee JW. 2008. Changes of the protein contents of seafood cooking drips by gamma irradiation. *Korean J. Biotechnol. Bioeng*. **23**(6):489-493.

Creiner PW, Gold CJ, Keirns JJ, Brock WA and Bitensky MW. 1973. Hormonal control of melanocytes: MSH-sensitive adenyl cyclase in the Cloudman melanoma. *Yale J. Biol. Med*. **46**:583-591.

Cushman DW and Cheung HS. 1971. Spectrometric assay and properties of angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Parmacol*. **20**:1637-1647.

Erdos EG and Skidgel RA. 1987. The angiotensin I-converting enzyme. *Lab. Invest*. **56**:345-348.

Flurkey WH. 1991. Identification of tyrosinase in mushrooms by isoelectric focusing. *J. Food Sci*. **55**:93-95.

Frlich I and Riederer P. 1995. Free radical mechanisms in dementia of Alzheimer type and the potential for antioxidant treatment. *Drug Res*. **45**:443-449.

Gao X, Trajkovski V and Uggla M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. *J. Sci. Food Agric*. **80**:2021-2027.

Harrison K and Were LM. 2007. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. *Food Chem*. **102**:932-937.

Huang SH and Mau JL. 2007. Antioxidant properties of methanolic extract from Antrodia camphorata with various doses of γ-irradiation. *Food Chem*. **105**:1702-1710.

Jo C, Son JH and Byun MW. 2003. Irradiation application for color removal and purification of green tea leaves extracts. *Radiat. Phys. Chem*. **66**:179-184.

Kim HJ, Jo C, Kim TH, Kim DS, Park MY and Byun MW. 2006. Biological evaluation of the methanolic extract of Eriobotrya japonica and its irradiation effect. *Korean J. Food Sci. Technol*. **38**:684-690.

Kim MR. 2004. Study on the management trend of domestic and foreign countries toward food irradiation. Technical report.

Kim YJ, Kim HJ, Choi J, Kim JH, Chun B, Ahn DH, Kwon JH, Kim YJ, Byun MW and Lee JW. 2008. Effect of electron beam irradiation on the physiological activities of cooking drips from Enteroctopus dofleini. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **37**(9):1190-1195.

Messerli FH. 1999. Combination in the treatment of hypertension: ACE inhibitors and calcium antagonists. *Am. J. Hypertens*. **12**:86s-90s.

Nie N, Bent D and Hull C. 1970. SPSS: Statistical package for the social sciences. McGrow-Hill, New York.

Oh HS, Kang KT, Kim HS, Lee JH, Jee SJ, Ha JH, Kim JS, Heu MS. 2007. Food component characteristics of seafood cooking drips. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **36**(5):595-602.

Okai Y, Higashi-Okai K, Ishizaka S, Ohtani K, MatsuiYuasa I and Yamashita U. 1998. Possible immunodulationg activities in an extract of edible brown alga, Hizjikia fusiforme (Hijiki). *J. Sci. Food Agric*. **76**:56-62.

Park YJ, Yoon MY, Lim HW, Lee JY, Kim CJ and Sim SS. 2004. Effect of hot-water extracts from Laminaria japonicus on melanin production in B16 melanoma cells. *Yakhak Hoeji*. **48**(6):374-378.

Prez MB, Caldern NL and Croci CA. 2007. Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (Rosmarinus officinalis L.). *Food Chem*. **104**:585-597.

Sohn SH, Jo C, Oh MJ, Sohn CB and Byun MW. 2006. Studies on the changes of biological activity and physicochemical characteristics of gamma irradiated dandelion extracts. *Food Eng. Pro*. **10**:40-47.

Variyar PS, Limaye A and Sharma A. 2004. Radiation-induced enhancement of antioxidant contents of soybean (Glycine max Merrill). *J. Agric. Food Chem*. **52**:3385-3388.

WHO. 1999. High dose irradiation; Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Technical Report Series. **890**:9-37.

Yang B, Zhao M and Jiang Y. 2008. Optimization of tyrosinase inhibition activity of ultrasonic-extracted polysaccharides from longan fruit pericarp. *Food Chem*. **110**:294-300.

Manuscript Received: January 29, 2010
Revision Accepted: February 23, 2010