

## 위생적인 장기 보존을 위한 감마선 조사가 곱향(*Teucrium veronicoides*)의 생리활성에 미치는 영향

박혜진<sup>1</sup> · 박기태<sup>2</sup> · 조영제<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품공학부/식품생물산업연구소

<sup>2</sup>동주대학교 외식조리제과계열

### Effect of Gamma Irradiation for Hygienic Long-Term Storage on Biological Activity of *Teucrium veronicoides*

Hye-Jin Park<sup>1</sup>, Ki-Tae Park<sup>2</sup>, and Young-Je Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science & Biotechnology/Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University

<sup>2</sup>School of Culinary Art and Baking Technology, Dongju College University

**ABSTRACT** The purpose of this study was to examine the biological activities of gamma-irradiated *Teucrium veronicoides*. In photostimulated luminescence analysis, non-irradiated sample showed lower than 700 photon counts (PCs), whereas irradiated (5 and 10 kGy) samples showed higher than 700 PCs. The thermoluminescence ratio of non-irradiated samples was less than 0.1, whereas the values of irradiated samples were greater than 0.1. Electron spin resonance analysis was performed confirmed for irradiation identification. The total phenolic contents of hot-water and 50% ethanol extracts were higher than those values after irradiation at 10 kGy. Regarding 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical inhibitory activity, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activity, antioxidant protection factor, thiobarbituric acid reactive substance inhibitory activity as antioxidant test and xanthine oxidase inhibitory activity, the effect of gamma irradiation had on significant effects. On the other hand,  $\alpha$ -amylase inhibitory activity of 10 kGy-irradiated hot-water extract was 23.6% higher than that of the non-irradiated sample. Thus, gamma irradiation could be used for the long-term storage of *Teucrium veronicoides*.

**Key words:** *Teucrium veronicoides*, gamma irradiated-treatment, biological activities, antioxidative activity, long-term storage

## 서 론

최근 소득 증가로 인해 생활 수준이 급격히 향상되면서 식생활의 서구화가 가속화되고, 그 결과 비만 인구가 증대되어 뇌혈관질환, 고혈압, 고지혈증, 당뇨병, 암 등과 같은 생활습관병(lifestyle related disease)의 발병률이 증가하고 있다. 이러한 질병의 원인 중 하나인 활성산소(oxygen free radical)는 superoxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, hydroxyl, peroxy, alkoxy, hydroperoxy 등과 같이 전자쌍을 이루고 있지 않은 불안정한 상태의 반응성이 큰 화합물로 생체 내에서 산화적 스트레스에 의해 생성된다(1). 활성산소는 인간의 대사과정 중 끊임없이 발생하여 노화와 관련된 질병의 주요 인자로 작용하기 때문에 질병의 예방 및 회복, 노화 방지를 위한 목적으로 항산화력을 가진 기능성 소

재 개발에 대한 관심이 증대되고 있다(2).

곱향(*Teucrium veronicoides*)은 우리나라 생약 규격집에 수록된 한약재로 배초향의 지상부를 지칭한다(3). 곱향의 잎은 콩잎을 닮아 '콩잎 곱(藿)', 특유의 향을 지녀 '향기 향(香)'을 합쳐 '곱향(藿香)'이라 하며, 이명으로 방앗잎, 방앗풀 등으로 불리기도 한다(4). 꿀풀과에 속하며 한의학적으로 따뜻한 성질을 가지며 매운맛을 내어 소화액의 분비를 촉진해 소화력을 강화하거나 위장기능을 좋게 하여 구토증을 멈추게 한다. 또한, 땀을 나게 하여 체내에 열을 빼앗고 해열시켜 예로부터 더위 먹었을 때 좋은 약으로 사용되었다(5). 곱향은 향료로 많이 이용되고 지금까지 정유성분으로 총 77종의 물질이 보고되었으며, 주성분으로 methylchavicol, estragole, limonene 등이 알려져 있다(6). 서양에서는 곱향이 당뇨병, 고혈압에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(7,8) 항비만 효과(9), 간세포 보호 효과(10), 위장관 운동 촉진 효과(11) 등이 있는 것으로 보고되고 있다.

천연물에서 유래된 기능성 소재 개발 연구가 증대되면서 천연 유래 약용식물의 수요가 급증하고 있으나, 천연 약용식물의 경우 천연 산물을 그대로 혹은 간단히 가공하고 있어

Received 15 February 2017; Accepted 25 April 2017

Corresponding author: Young-Je Cho, School of Food Science & Biotechnology/Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea  
E-mail: yjcho@knu.ac.kr, Phone: +82-53-950-7755

사실상 위생적으로 안전성이 매우 미흡한 품목에 속한다(12). 지금까지 한약재의 위생화 기술로 이용되어온 방법으로는 화학약품처리, ethylene oxide(EO) 훈증법 등을 들 수 있는데, 이 방법들은 살균 효과의 불충분, 품질 열화, 2차 오염 가능성, 환경 공해 등을 발생시켜 그 사용이 제한적이다(13). 따라서 한약재의 색, 맛, 형태적 특성 및 기능성을 보존할 수 있으면서 해충, 기생충, 병원성 세균, 곰팡이, 효모 등 위해 요소를 효과적으로 제거하여 저장 기간을 연장할 수 있는 위생처리 기술에 대한 관심이 증가하고 있다(14). 방사선 식품 조사 기술은 열을 가하지 않는 비열(non-thermal treatment) 처리법으로 식품의 영양 및 관능적 품질 변화는 적었지만, 식품의 저장성 및 안전성을 증진하는 유용한 위생처리 기술로 보고되고 있다(15). 식품 조사기술은 건강기능식품, 의약품, 의료기기 및 화장품 소재 산업에서 원료로부터 유용성분의 추출 수율을 증대시키고, 첨가제 등으로 사용 시 적합하도록 색상을 개선하는 용도로 사용되고 있으며 위생적 측면과 아울러 기능성 증진에도 효능이 있는 것으로 기대되고 있다(16). 하지만 현재까지 식품의약품안전처에서는 건조 향신료(10 kGy 이하), 인삼 제품류 및 건조 채소류(7 kGy 이하) 등 26품목에 대해서만 방사선 조사처리를 허용하고 있으며, 한약재와 같은 건조 약용작물에 대해서는 감마선 조사처리를 허용하지 않고 있다(17). 따라서 한약재를 비롯한 천연 유래의 약용식물에 위생처리를 위한 방사선 조사처리를 적용하기 위해서 조사처리 시 유해 요소들을 효과적으로 제거할 뿐만 아니라 약용식물이 지닌 고유의 기능성을 보전시키거나 혹은 증대시킬 수 있는 안정성 확보에 대한 연구가 필요한 실정이다(18).

본 연구에서는 약용식물 중 하나인 곽향의 장기 저장을 위한 위생처리를 목적으로 감마선 조사처리가 곽향 추출물의 기능성 및 생리활성 변화에 어떤 영향을 미치는지 확인하여 약용식물의 감마선 조사기술의 적용 가능성 확보를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 감마선 조사

본 연구에 사용한 곽향은 대구 소재의 시중 한약방에서 유통되는 국내산 한약규격품을 구입하였다. 시료의 감마선 조사처리를 위해 조사구(5, 10 kGy)와 비조사구(0 kGy)로 분류하여 한국원자력연구원 첨단방사선연구소의 Co-60 감마선 조사시설(100 kCi point source, AECL, IR-79, MDS Nordion International Co., Ltd., Ottawa, Canada)을 이용하여 실온에서 시간당 일정한 선량률로 0, 5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 이때 흡수선량은 ceric/cerous dosimeter를 사용하여 확인하였다. 열발광 분석에서 재조사(re-irradiation)는 동일한 조사시설을 이용하여 1 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였다. 방사선 조사처리 마커 확인을 위해 그룹별로 시료를 세절하여 사용하였으며, 생리

활성 효능 검증을 위해 시료를 40 mesh로 분쇄하여 4°C에서 저온 저장하여 사용하였다.

### 광자극발광(photostimulated luminescence, PSL) 분석

PSL 분석은 식품공전(17) 방법에 따라 실시하였으며, 측정용 시료를 지름 50 mm의 PSL 측정용 petri dish에 세절한 시료를 동일한 양으로 바닥이 보이지 않게 골고루 펼쳐 담아서 PSL screening system(Serial 0021, Scottish Universities Research and Reactor Center, Glasgow, UK)을 이용하여 각 시료당 3회 반복 측정하였다. 이때 시험조작은 차광조건에서 실시하였고, PSL 측정조건은 cycle 60 s, dark count 21, light count 23이었다. 조사 여부 판단을 위한 threshold value는  $T_1$ (700 count/60 s) 미만이면 음성시료(negative, 비조사 시료)로,  $T_2$ (5000 count/60 s) 초과이면 양성시료(positive, 조사 시료)로 판단하며,  $T_1$ 과  $T_2$  사이의 값은 중간시료(intermediate, 조사 여부를 판단할 수 없는 시료)로 판정하였다(17).

### 열발광(thermoluminescence, TL) 분석

TL 분석은 식품공전(19)에 따라 식품에 포함된 미네랄을 추출하여 분석하였다. 시료 적당량에 증류수를 가하여 ultrasonic agitator(Power sonic 420, Whasin Tech, Daegu, Korea)에서 10분간 처리한 후, nylon sieve를 이용해 여과 및 세척하여 시료로부터 미네랄을 분리하였다. 분리한 미네랄을 2.0 g/mL sodium polytungstate 2.5 mL를 가해 유기물을 제거하고 증류수로 세척한 후, 1 N HCl 2 mL를 처리하여 carbonate를 제거한 다음 1 N  $NH_4OH$  2 mL를 가해 중화시켰다. 중화된 미네랄을 증류수를 이용해 충분히 세척한 후 아세톤을 가하여 세척 및 건조한 다음 TL disc에 담아 50°C dry oven에서 하루 동안 예열한 뒤 TL을 측정하였다(19). TL 측정은 외부 noise에 의한 영향을 받으므로 차광조건에서 TLD system(Harshaw 4500, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)을 이용해 50°C에서부터 400°C까지 5°C/s의 속도로 온도를 상승시키면서 측정하였다(Table 1). TL 측정을 통해 얻은 glow curve의 면적 값(150~250°C)을  $TL_1$ 으로 설정하고 재조사(1 kGy) 후 측정해 얻은 glow curve의 면적 값을  $TL_2$ 로 설정하여 방사선 조사 식품이 나타내는 TL glow curve의 TL ratio( $TL_1/TL_2$ )를 산출해서 TL ratio 값이 0.1 이하이면 비조사 시료로, 0.1 이상이면 조사 시료로 판단하였다(19).

**Table 1.** Analyzing condition for thermoluminescence

Specification	Condition
Flow gas	$N_2$ (99.999%)
Final temperature	400°C
Pre heat temperature	50°C
Heating rate	5.00/s

**전자스핀공명법(electron spin resonance, ESR) 분석**

ESR 분석은 식품공전(20)에 따라 실시하였으며, 시료를 50°C dry oven에서 건조해 수분과 단수명 ESR center를 제거한 후 ESR pyrex tube에 0.4 g씩 충전하여 ESR spectrometer(JES-TE200, JEOL, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정조건은 microwave power 0.4 mW, microwave frequency 9.10~9.13 GHz, center field 324.0~325.5 mT, sweep width 2.5×10 mT, modulation frequency 100 kHz, modulation width 0.5 mT, amplitude 4.0×10 time, sweep time 30 s, time constant 0.03 s로 측정하였다. 방사선 조사로 유도된 자유 라디칼을 확인하고, ESR signal에서 나타나는 peak-to-peak height를 ESR signal intensity로 나타내었으며, g-value는 내장된 프로그램으로 측정하여 Origin 8.0 software(Origin Lab. Co., Northampton, MA, USA)로 ESR signal 결과를 분석하였다.

**광항 추출물의 제조**

시료 추출은 열수 추출물의 경우 선량별로 건조한 광항 분말 1 g을 증류수 200 mL에 침지시켜 용매가 100 mL가 될 때까지 가열하여 냉각시킨 후 24시간 동안 상온에서 교반 추출하였으며, 에탄올 추출물은 광항 분말 1 g에 50% 에탄올 100 mL를 추출용매로 침지시켜 24시간 동안 상온에서 교반 추출하였다. 추출물은 Whatman No. 1 filter paper(Whatman, Maidstone, UK)로 여과하여 필요에 따라 rotary vacuum evaporator(Eyela NE, Tokyo, Japan)에서 농축하여 시료의 total phenolics의 농도를 조절하여 시료로 사용하였다.

**Total phenolics 함량 측정**

Total phenolics 함량은 Folin과 Denis(21)의 방법에 따라 측정하였으며, 시료 추출물 1 mL에 95% 에탄올 1 mL와 증류수 5 mL를 첨가하고 1 N Folin-Ciocalteu reagent (Junsei, Tokyo, Japan) 0.5 mL를 넣어 섞어주고 5분간 방치한 후, 종료 시약 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 가하고 UV-visible spectrophotometer(Optizen 3220UV, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 725 nm에서 1시간 이내에 흡광도를 측정하였으며, 이를 gallic acid를 이용한 표준곡선에 적용하여 함량을 환산하였다.

**1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 저해 효과 측정**

DPPH 라디칼에 대한 소거 활성은 Blois(22)의 방법에 따라 측정하였으며 각 시료 1 mL에 60 μM DPPH(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 3 mL를 넣고 vortex 한 후 실온에서 15분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 전자공여능(%)은 (1-반응구의 흡광도/대조구의 흡광도)×100으로 나타내었다.

**2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) cation 라디칼 저해 효과 측정**

ABTS 측정은 Pellegrini 등(23)의 방법에 따라 측정하였다. 7 mM ABTS(Sigma-Aldrich Co.) 5 mL와 140 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>(Duksan, Ansan, Korea) 88 μL를 혼합하고 암실에서 14~16시간 반응시켜 라디칼을 생성시킨 후 이를 absolute ethanol과 약 1:88 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.7±0.002가 되도록 조절한 ABTS solution을 사용하였다. 시료 50 μL와 ABTS solution 1 mL를 혼합하여 30초간 vortex 한 후 2.5분간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 저해 효과(%)는 (1-반응구의 흡광도/대조구의 흡광도)×100으로 나타내었다.

**Antioxidant protection factor(PF) 측정**

PF는 Andarwulan과 Shetty(24)의 방법에 따라 측정하였다. β-Carotene(Sigma-Aldrich Co.) 10 mg을 chloroform(Duksan) 50 mL에 녹인 용액 1 mL를 evaporator 수기에 넣고 40°C water bath에서 chloroform을 증류시킨 후 linoleic acid 20 μL, Tween 40(Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan) 184 μL, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(Samchun Pure Chemical Co., Anyang, Korea) 50 mL를 첨가하여 emulsion을 제조하였다. 시료 100 μL에 emulsion 5 mL를 혼합해 50°C에서 30분간 반응시켜 냉각시킨 후, 470 nm에서 흡광도를 측정하여 반응구의 흡광도/대조구의 비로 나타내었다.

**Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 저해 효과 측정**

TBARS 저해 효과 측정은 Buege와 Aust(25)의 방법에 따라 측정하였으며, 1% linoleic acid(Wako Pure Chemical Industries, Osaka, Japan)와 1% Tween 40으로 emulsion을 제조하고, 시료 0.2 mL와 emulsion 0.8 mL를 혼합한 후 50°C water bath에서 10시간 이상 반응시켰다. 반응 후 반응액 1 mL에 TBA reagent 4 mL를 가하고 15분간 중탕한 다음 10분간 냉각시켜 15분간 1,000 rpm으로 원심분리하였다. 원심분리 한 후 실온에서 10분간 방치하고 상층액만 취해 532 nm에서 흡광도를 측정하여 저해율(%)은 (1-반응구의 흡광도/대조구의 흡광도)×100으로 나타내었다.

**Pancreatin α-amylase 억제 효과 측정**

Pancreatin α-amylase 저해 효과 측정은 agar diffusion 방법(26)에 따라 측정하였다. Plate에 5 g의 agar와 5 g의 soluble starch를 증류수에 녹여 끓인 후, 121°C로 15분간 멸균하고 15 mL씩 petri dish에 붓고 굳혀 제작하여 사용하였다. 제작한 plate에 지름 10 mm disc paper를 올린 후 시료액 0.8 mL와 1,000 U/mL α-amylase 0.2 mL를 혼합하여 disc paper에 각각 분주하고 대조구에는 시료액 대신 증류수를 넣어 37°C에서 3일간 배양한 후 I<sub>2</sub>/KI 3 mL를 가하여 15분간 염색시킨 다음 저해율(%)을 (1-시료의

clear zone area/대조구의 clear zone area)×100으로 계산하였다.

### Xanthine oxidase(XOase) 억제 효과 측정

XOase 저해 효과 측정은 Stirpe와 Della Corte(27)의 방법에 따라 측정하였으며, 반응구는 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.5)에 녹인 기질액 2 mM xanthine 3 mL에 0.05 U/0.1 mL XOase 0.1 mL와 시료 0.3 mL를 넣고 대조구에는 시료 대신 증류수를 0.3 mL 첨가하여 37°C에서 5분간 반응시켰다. 이후 종료 시약 20% TCA 1 mL를 가하여 반응액을 원심분리 하고 단백질을 제거한 뒤 생성된 uric acid를 흡광도 292 nm에서 측정하였으며, 저해율(%)은 (1 - 시료의 uric acid 함량/대조구의 uric acid 함량)×100으로 계산하였다.

### 통계처리

본 실험의 결과는 3~6회 반복하여 측정한 결과값을 평균 ±표준편차(mean±SD)로 표기하였으며, SPSS 23 for windows(Statistical Package for Social Science, Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석 및 Duncan's multiple range test, one-way ANOVA로 5% 이내에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### PSL, TL, ESR 분석을 통한 광향의 감마선 조사 여부 마커 확인

한약재의 위생적인 장기 보존을 위한 방법으로 광향을 감마선 조사 처리한 후 조사 여부 확인을 위해 광자극발광법(PSL), 열발광분석법(TL), 전자스핀공명법(ESR)을 적용하여 조사 여부를 판별하였다. PSL 분석은 일반적으로 silicate 또는 bioinorganic material을 함유하는 식품에 대한 방사선 조사 여부를 screening 하려는 연구방법(17)으로 식품 표면에 존재하는 이물질은 방사선 조사처리로 에너지를 저장하는데, 저장된 에너지는 매우 안정하여 쉽게 소멸하지 않아 물리적으로 일정 온도의 적외선을 노출할 경우 에너지를 함유한 만큼 빛을 방출하게 되고(15), 이때 방출하는 빛의 양을 측정하여 광자 수(photon counts, PCs)로 측정 후 방사선 조사 여부를 판단한다(17). 감마선 조사처리에 따른 광향의 조사선량별 PSL 분석 결과는 Table 2에서와 같이 비조사구 0 kGy에서 323.00 PCs로 700 PCs 이하의 수치

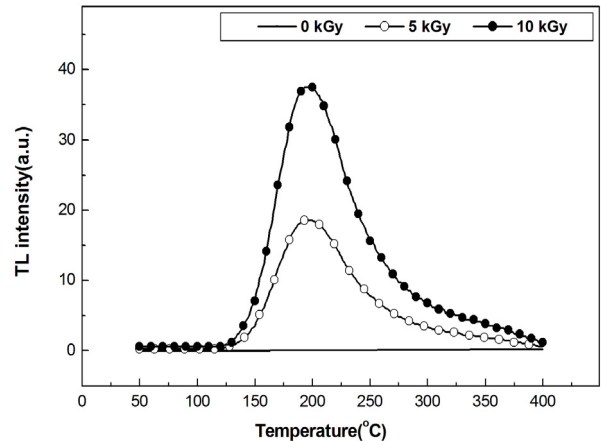


Fig. 1. Typical TL glow curves of minerals separated from *Teucrium veronicoides* by density separation method.

를 나타내어 음성(negative) 시료로 판단되었으며, 조사구 5 kGy에서는 219,605.00 PCs, 조사구 10 kGy에서는 125,022.00 PCs로 5,000 PCs 이상의 수치를 나타내어 양성(positive) 시료로 판단할 수 있었다.

TL 분석은 PSL 분석과 원리는 유사하지만, 적외선을 쬐어 조사 에너지를 측정하는 PSL과 달리 50°C부터 400°C까지 고온의 열을 가해 조사에너지를 측정하는 방법이다(15). 미네랄의 방사선 흡수량에 따라 일정 온도 범위에서 독특한 TL glow curve를 나타내는데, 비조사 시료의 경우 300°C 이후 구간에서 자연적인 방사능에 의한 glow curve를 나타내고 조사 시료의 경우 150~250°C 사이에서 강한 TL glow curve를 나타낸다(19). 감마선 조사처리에 따른 광향의 조사선량별 TL 분석 결과는 Fig. 1과 같이 감마선 조사구 5, 10 kGy의 경우 150~250°C의 부근에서 특유의 TL glow curve를 나타내었고, 조사선량이 증가할수록 최고 peak intensity의 높이가 증가하여 비조사구와 명확한 차이를 나타내었다. 또한, 재조사를 통해 TL ratio를 비교한 결과 Table 3에서와 같이 비조사구 0 kGy에서는 0.048로 0.1 이하의 낮은 TL ratio 값을 보여주었고, 조사구 5, 10 kGy에서는 각각 0.335, 0.538로 0.1 이상의 높은 TL ratio 값을 나타내어 TL 분석법을 이용하여 감마선 조사 여부를 판별할 수 있었다.

ESR 분석법은 방사선 조사 시 입사된 에너지 일부가 분자 결합을 붕괴시켜 방출된 이온이나 라디칼을 측정하는 방법으로, 다른 방법에 비해 시료에 손상을 주지 않으며 간편하고 신속하게 측정할 수 있는 장점이 있다(28). 식품공전에

Table 2. Photostimulated luminescence determinations of gamma-irradiated *Teucrium veronicoides* (Unit: photon counts)

Sample	Irradiation dose (kGy)		
	0	5	10
<i>Teucrium veronicoides</i>	323.00±31.48 (-) <sup>a1)2)</sup>	219,605.00±15,995.15 (+) <sup>c</sup>	125,022.00±18,992.39 (+) <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Threshold value: T<sub>1</sub>=700, T<sub>2</sub>=5,000, (-)<T<sub>1</sub>, T<sub>1</sub><(M)>T<sub>2</sub>, (+)>T<sub>2</sub>. +, positive, irradiated; -, negative, non-irradiated; M, intermediated.

<sup>2)</sup>Mean±standard deviation (n=3). Means with different letters (a-c) are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

**Table 3.** TL ratios (TL<sub>1</sub>/TL<sub>2</sub>) of minerals separated from irradiated *Teucrium veronicoides*

TL glow	Irradiation dose (kGy)		
	0	5	10
TL <sub>1</sub> <sup>1)</sup> (nC)	88.775±73.716 <sup>4)</sup>	900.150±138.805	1829.500±0.707
TL <sub>2</sub> <sup>2)</sup> (nC)	1,733.150±730.371	2,688.050±738.149	3,402.050±123.814
TL ratio <sup>3)</sup>	0.048±0.024	0.335±0.149	0.538±0.020

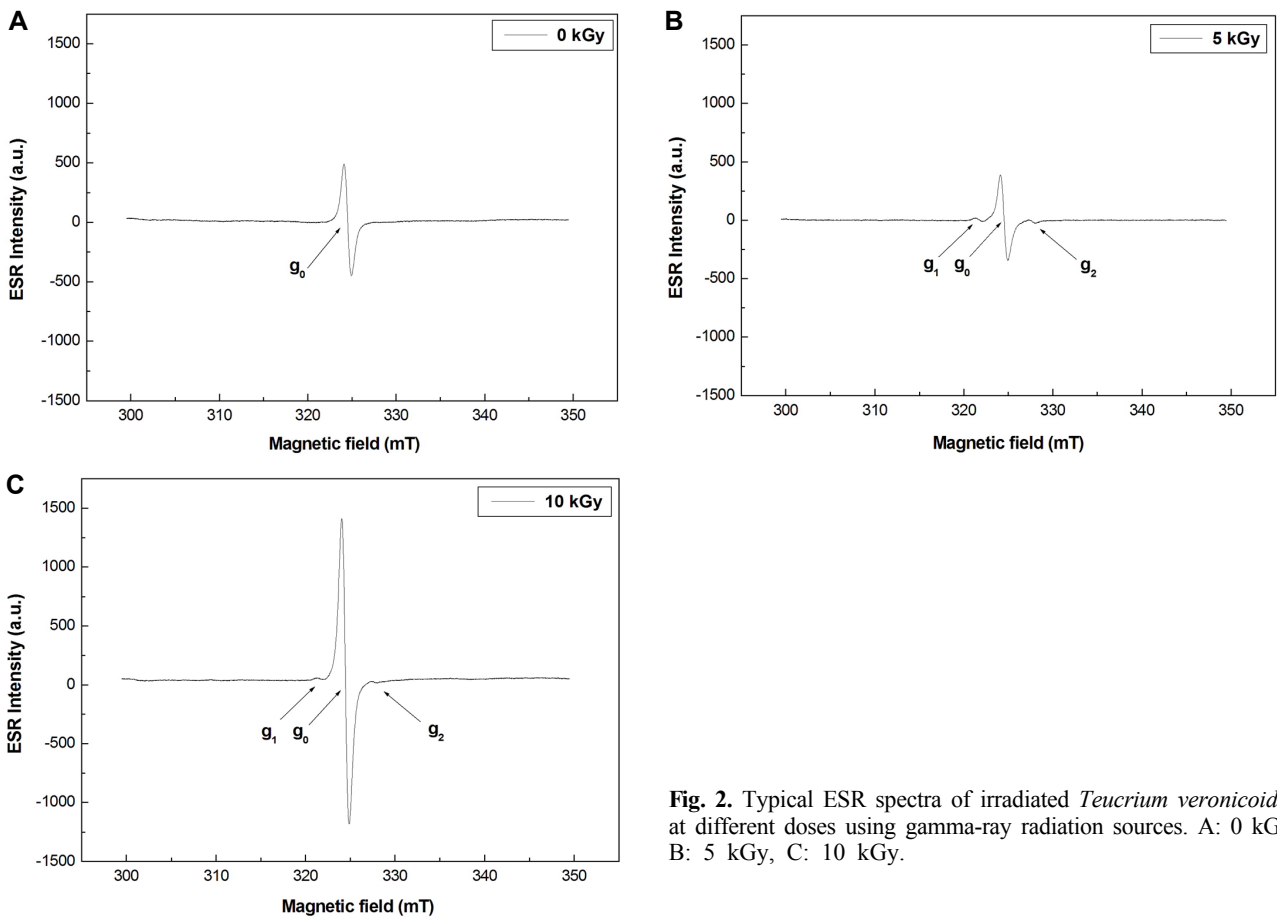
<sup>1)</sup>Integrated TL<sub>1</sub> intensity at 150~250°C. <sup>2)</sup>Integrated TL<sub>2</sub> intensity at 150~250°C.

<sup>3)</sup>TL<sub>1</sub>/TL<sub>2</sub>. <sup>4)</sup>Mean±standard deviation (n=2).

따르면 ESR 분석법을 이용하여 조사 여부를 판정할 수 있는 maker radical은 셀룰로오스 유래의 라디칼, crystalline sugar 유래의 multicomponent signal, 뼈 유래의 hydroxy apatite radical로 고시하고 있으며(20), maker radical 종류에 따라 측정 조건뿐만 아니라 분석 결과가 달라질 수 있으므로 시료의 maker radical 유래를 잘 확인하여 분석해야 한다(29). 본 연구에 사용된 광항의 경우, 섬유질이 많은 식물 유래의 물질로 셀룰로오스 유래의 라디칼 분석을 통해 조사 판별 확인이 가능할 것으로 판단되었으며, ESR 측정 결과는 Fig. 2와 Table 4에 나타내었다. ESR을 이용한 셀룰로오스를 함유한 라디칼 판정은 비조사 시료에서 나타나는 중심부의 신호 왼쪽(저자장)과 오른쪽(고자장)에 방사선 조사 때문에 발현되는 셀룰로오스 라디칼이 생성하는 한 쌍의 peak가 6.0 mT의 공간을 두고 나타나면 방사선 조사된 것

으로 판별토록 고시하고 있다(20). 그 결과 비조사구 0 kGy의 경우 대칭적인 중심부의 ESR 신호만 나타내었으나, 조사구 5, 10 kGy에서는 대칭적인 중심부의 ESR 신호 좌우로 6 mT 간격을 두고 한 쌍의 방사선 조사 peak를 확인할 수 있었다.

Jeong 등(15)은 건조 향신료인 고춧가루, 파슬리, 바질, 후춧가루 4종에 대해 PSL, TL, ESR 분석법을 이용하여 감마선 조사 판별분석을 적용하였으며, 그 결과 고춧가루에서 본 연구와 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 또한, Park 등(30)의 약용식물인 총복피를 감마선 조사 처리하여 PSL과 TL을 분석한 결과, 광항과 유사한 결과를 나타내어 한약재 광항에 PSL, TL, ESR 분석법을 적용하여 감마선 조사 판별 분석이 가능한 것을 확인할 수 있었다.



**Fig. 2.** Typical ESR spectra of irradiated *Teucrium veronicoides* at different doses using gamma-ray radiation sources. A: 0 kGy, B: 5 kGy, C: 10 kGy.

**Table 4.** ESR signal parameter<sup>1)</sup> of radiation-induced radicals from irradiated *Teucrium veronicoides*

ESR parameter	Irradiation dose (kGy)		
	0	5	10
g <sub>0</sub>	2.0060±0.0004	2.0062±0.0003	2.0066±0.0002
g <sub>1</sub>	—	2.0238±0.0006	2.0237±0.0002
g <sub>2</sub>	—	1.9878±0.0016	1.9857±0.0012

<sup>1)</sup>g-value=[71.448×microwave frequency (GHz)]/ magnetic field (mT).

### 감마선 조사처리가 광향의 total phenolics 용출에 미치는 영향

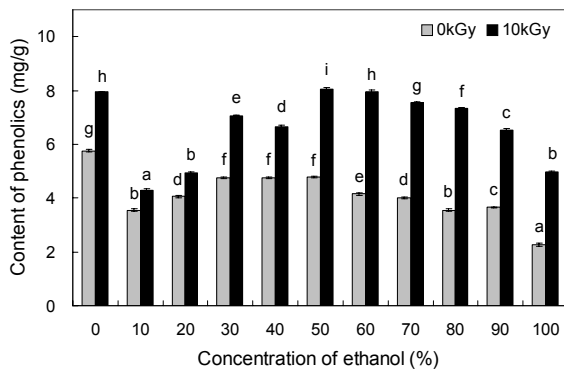
Phenolic hydroxy기를 가지는 방향족 화합물에 속하는 페놀성 물질은 식물체에 널리 분포된 2차 대사산물로서 단백질 및 거대분자와 결합하는 성질을 가지고 있어 생체노화의 원인 중 하나인 산화 반응을 지연시킨다(31). 감마선 조사처리에 따라 생리활성에 관여하는 total phenolics 추출 수율을 비교하기 위해 비조사구 0 kGy와 조사구 10 kGy를 이용하여 total phenolics 함량을 확인하였다. 식품 산업에 적용하기 위해 인체에 유해하지 않은 용매로 물과 에탄올을 사용하였으며, total phenolics 추출 수율을 비교하기 위해 다양한 농도의 에탄올을 이용하여 추출하였다. 그 결과 Fig. 3과 같이 열수 및 에탄올 추출물 모두 비조사구 0 kGy보다 조사구 10 kGy에서 더 높은 total phenolics 함량을 나타내어 감마선 조사처리에 따라 total phenolics의 추출 수율이 증대되는 것을 확인할 수 있었다. 특히 에탄올 추출물의 경우, 비조사구 0 kGy와 조사구 10 kGy 모두 50% 에탄올에서 각각 4.7 mg/g, 8.1 mg/g으로 가장 높은 total phenolics 함량을 확인할 수 있었다. Kim 등(32)의 감마선 조사처리한 벼씨의 에탄올 추출물은 조사처리에 따라 10 kGy에서 30.4 mg/g으로 비조사구보다 높은 total phenolics 함량을 나타내었으며, Khattak 등(33)은 *Nigella sativa* seed에 고분자 중합체의 일부분으로 존재하던 total phenolics이 감마선 조사처리로 인해 결합이 파괴되어 total phenolics의 함량이 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구 결과를 바탕으로 광향의 감마

선 조사처리에 따른 생리활성의 변화를 비교 검토하기 위해 비조사구 0 kGy와 조사구 10 kGy로 나누어 이후 실험을 진행하였으며, 가장 높은 total phenolics 함량을 나타낸 50% 에탄올 추출물과 열수 추출물을 각각 50~200 µg/mL phenolics 농도로 조절하여 사용하였다.

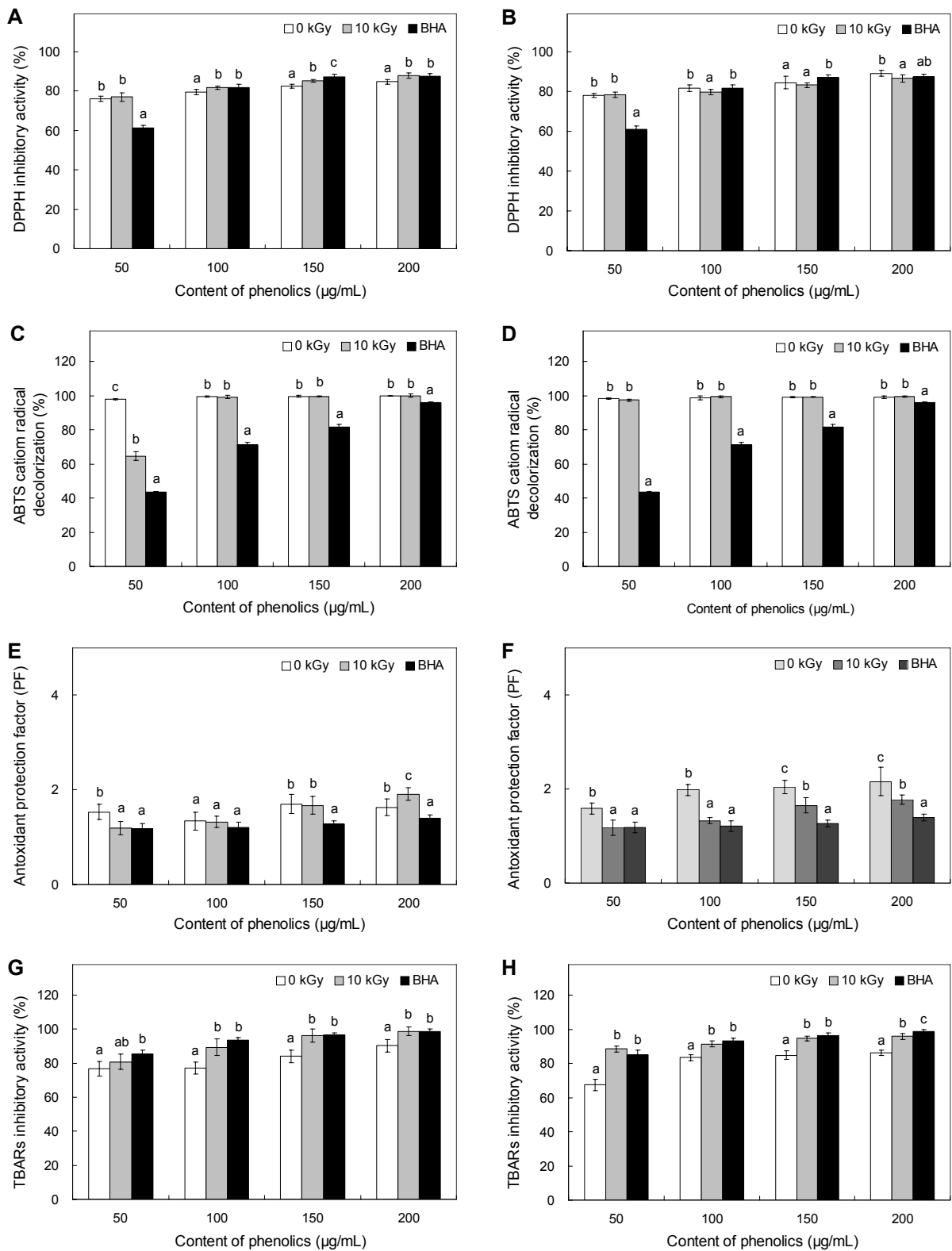
### 감마선 조사처리에 따른 광향 추출물의 항산화 효능 변화 비교

감마선 조사처리에 따른 항산화 효능을 비교하기 위해 DPPH 라디칼 저해 효과, ABTS 라디칼 저해 효과, PF, TBARS 저해 효과를 측정하였다. DPPH는 안정된 자유 라디칼로써 수용성 항산화 물질의 항산화력을 탐색하기 위하여 사용되며, 항산화 물질이 DPPH를 DPPHH로 환원시키면 흡광도가 감소하게 된다(34). 광향의 DPPH 라디칼 저해 효과를 측정한 결과는 Fig. 4(A)와 같이 열수 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 76.03~84.59%, 조사구 10 kGy는 76.87~87.77%의 저해율을 나타내었다. 또한, Fig. 4(B)와 같이 50% 에탄올 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 77.99~89.08%, 조사구 10 kGy는 78.30~86.51%의 저해율을 나타내었으며, 이상의 결과는 positive control로 사용한 합성 항산화제 BHA가 50~200 µg/mL 농도에서 61.03~87.38%의 저해율을 나타낸 것과 비교하였을 때 광향의 DPPH 라디칼 저해 효과가 시판 중인 BHA보다 우수함을 확인할 수 있었다. 하지만 열수 및 50% 에탄올 추출물 모두 감마선 조사에 의한 DPPH 라디칼 저해 효과의 변화는 유의적으로 나타나지 않았으며, Son 등(35)의 0, 5, 10, 20 kGy를 조사한 녹차 70% 에탄올 추출물이 조사 전과 후 모든 농도에서 DPPH 라디칼 저해를 변화에 영향을 미치지 않았다는 보고와 유사한 결과를 확인할 수 있었다.

ABTS와 potassium persulfate의 반응으로 생성된 ABTS+ 자유 라디칼은 항산화 물질에 의해 제거되는데 청록색인 ABTS+ 자유 라디칼이 항산화제에 의해 탈색되는 것을 흡광도로 측정하여 항산화력을 확인할 수 있다(36). 광향의 ABTS 라디칼 저해 효과를 측정한 결과는 Fig. 4(C)와 같이 열수 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 97.89~100.00%, 조사구 10 kGy는 64.71~100.00%의 매우 높은 저해율을 나타내었으며, Fig. 4(D)와 같이 50% 에탄올 추출물에서도 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 98.40~99.10%, 조사구 10 kGy는 97.41~100.13%의 매우 높은 저해율을 나타내어 positive



**Fig. 3.** Effect of ethanol concentration on total phenolics of extracts from irradiated *Teucrium veronicoides*. Mean±standard deviation (n=3). Means with different letters (a-i) above the bars are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.



**Fig. 4.** Antioxidant activity of extracts from irradiated *Teucrium veronicoides*. A: DPPH radical inhibitory activities of hot-water extract. B: DPPH radical inhibitory activities of 50% ethanol extract. C: ABTS radical scavenging activities of hot-water extract. D: ABTS radical scavenging activities of 50% ethanol extract. E: Antioxidant protection factor (PF) activities of hot-water extract. F: Antioxidant protection factor (PF) activities of 50% ethanol extract. G: TBARS inhibitory activities of hot-water extract. H: TBARS inhibitory activities of 50% ethanol extract. Mean±standard deviation (n=6). Means with different letters (a-c) above the bars are significantly different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

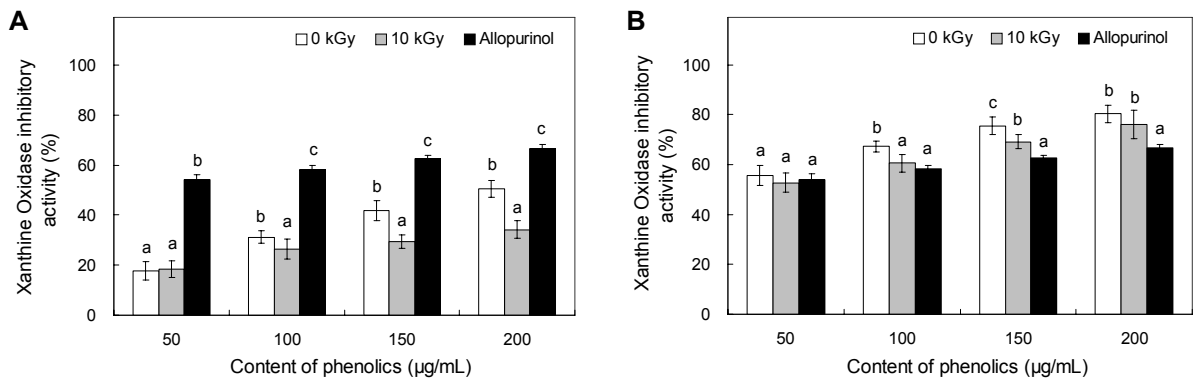
control로 사용한 합성 항산화제 BHA보다 우수한 항산화력을 보여주었다. Lee 등(37)의 다양한 생약재의 ABTS 라디칼 저해 효과를 확인한 연구 결과에서 생약재 열수 추출물 100 µg/mL 농도 처리 시 단삼 추출물 54.0%, 황금 추출물 46.3%, 상항버섯 추출물 42.8%, 작약 추출물 32.8%의 ABTS 라디칼 저해율을 나타낸 것과 비교하였을 때 곽향의 ABTS 라디칼 저해 효과가 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 한편, 열수 추출물 50 µg/mL phenolics 농도의 경우 동일 양의 phenolics 농도를 적용하였음에도 불구하고 비조사구인 0 kGy와 10 kGy의 ABTS 라디칼 저해 효과에 차이가 발생한 것을 확인할 수 있었으며, 이는 추출물에 분포된 다양한 total phenolics의 profile이 다르기 때문인 것으로 추측되며(38), 향후 곽향 열수 및 50% 에탄올 추출물에 함유된 phenolics의 profile에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

β-Carotene linoleate system은 지질 산화 과정의 대사 산물인 peroxy radical이 β-carotene의 이중결합을 공격하여 불활성 물질을 생성한 다음 자유 라디칼의 연쇄반응을 중단시켜 산화반응을 발생시키게 되는데, 이때 β-carotene이 산화로 인해 탈색되는 정도로 지질 산화를 측정할 수 있다(39). 곽향의 PF를 측정된 결과 Fig. 4(E)와 같이 열수 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 1.53~1.63 PF, 조사구 10 kGy는 1.19~1.91 PF를 나타내었으며, Fig. 4(F)와 같이 50% 에탄올 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 1.59~2.16 PF, 조사구 10 kGy는 1.18~1.78 PF를 나타내어 조사처리에 따른 PF 효과의 변화가 유의적으로 나타났지만, 그 변화폭이 크지 않았다. 따라서 이를 통해 감마선 조사처리가 곽향의 PF 효능 변화에 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었으며, positive control BHA가 50~200 µg/mL 농도에서 1.18~1.40 PF를 나타낸 결과와 Kim 등(40)의 연구에서 진범 열수 및 에탄올 추출물 1,000 µg/mL 농도에서 각각 1.3 PF, 1.5 PF를 나타낸 결과와 비교하였을 때 곽향 열수 및 50% 에탄올 추출물의 PF 효과가 매우 우수함을 알 수 있었다.

TBARS는 지질 과산화물인 malondialdehyde와 thio-barbituric acid가 반응하여 생성되는 붉은 색소로 이를 정량하여 지질의 산화 억제를 확인할 수 있는데(41), 곽향의 TBARS 저해 효과를 측정된 결과는 Fig. 4(G)와 같이 곽향 열수 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 76.89~90.33%, 조사구 10 kGy는 80.84~98.77%의 높은 저해율을 나타내었다. 또한, Fig. 4(H)와 같이 50% 에탄올 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서도 비조사구 0 kGy는 67.59~86.19%, 조사구 10 kGy는 88.44~95.91%의 저해율을 나타내어, 본 결과를 통해 곽향 열수 및 50% 에탄올 추출물 모두 감마선 조사처리에 따라 TBARS 저해 효과가 유의적으로 증가하였지만( $P<0.05$ ), 그 변화 폭은 크지 않은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 곽향의 열수 및 50% 에탄올 추출물 모두 positive control BHA와 유사한 수준의 높은 저해 효과를 나타내었으며, Lee 등(42)이 보고한 청미래덩굴 500 µg/mL 농도에서 물과 70% 에탄올 추출물의 TBARS 저해 효과가 각각 63.2%, 82.2%를 나타낸 결과와 비교하였을 때 곽향의 TBARS 저해 효과가 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 따라서 이상의 연구 결과를 통해 장기보존을 위한 위생처리법으로 감마선 조사처리가 약용 식물인 곽향의 항산화 효과 변화에 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었으며, 감마선 조사처리 시 곽향이 지닌 고유의 항산화력을 대부분 보전하는 것으로 판단할 수 있었다.

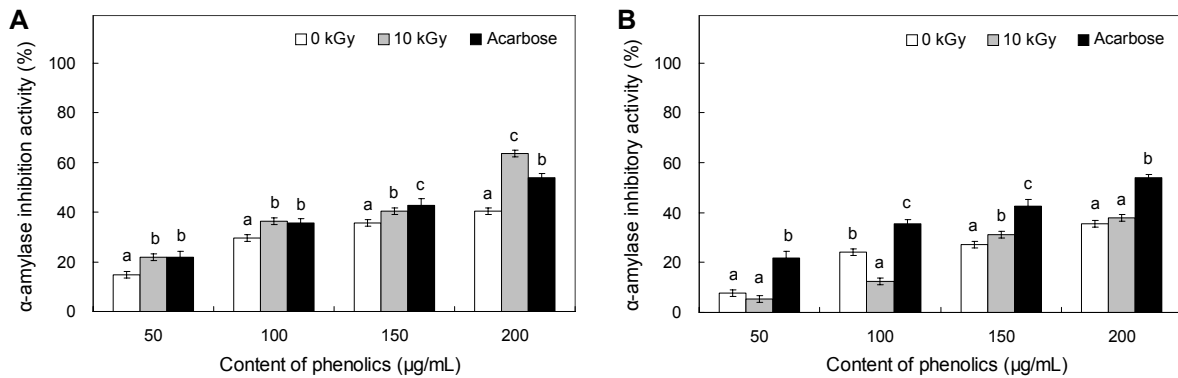
**감마선 조사처리에 따른 곽향 추출물의 XOase 억제 효과 비교**

Xanthine 또는 hypoxanthine으로부터 생성되는 요산(uric acid)은 낮은 용해성으로 관절에 축적되어 부종과 통증을 유발하는 통풍을 발생시키는데, 체내에서 purine 대사와 관련된 효소 XOase의 활성을 억제하면 요산 발생을 조절할 수 있다(43). 감마선 조사처리에 따른 XOase 억제 효과는 Fig. 5와 같이 곽향 열수 추출물 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy가 17.84~50.48%, 조사구 10 kGy가 18.48~34.26%로 나타나 감마선 조사처리에 따라



**Fig. 5.** Xanthine oxidase inhibitory activity of hot-water extract (A) and 50% ethanol extract (B) from irradiated *Teucrium veronicoides*. Means with different letters (a-c) above the bars are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.





**Fig. 6.**  $\alpha$ -Amylase inhibitory activity of hot-water extract (A) and 50% ethanol extract (B) from irradiated *Teucrium veronicoides*. Means with different letters (a-c) above the bars are significantly different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

XOase 억제 효과가 소폭 감소하는 경향을 나타냈으나, 50% 에탄올 추출물의 경우 50~200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 55.67~80.30%, 조사구 10 kGy는 52.72~76.12%로 감마선 조사에 따른 효소 활성의 변화가 크게 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이는 비파 잎과 씨 메탄올 추출물을 감마선 20 kGy 조사 시 XOase 억제 효과의 유의적인 차이가 없었다는 Kim 등(44)의 보고와 유사한 결과로 감마선 조사처리가 XOase 효소 억제 활성에 유의적인 변화를 주지 않는 것으로 간주할 수 있었다. 또한, 시중에서 통풍 억제제로 사용 중인 allopurinol을 positive control로 사용하여 저해율을 비교한 본 결과, 200 µg/mL 농도에서 66.7%의 저해율을 나타내었으며, 광향 50% 에탄올 추출물은 200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 80.3%, 조사구 10 kGy는 76.1%의 저해율을 나타내어 allopurinol보다 우수한 효소 억제 효과를 가지고 있음을 입증할 수 있었다. 따라서 본 연구를 통해 감마선 조사처리에 따른 광향의 XOase 억제 효과의 변화가 크지 않음을 확인할 수 있었으며, 특히 광향 50% 에탄올 추출물의 경우 의약품으로 사용 중인 allopurinol을 대체할 새로운 통풍 억제 기능성 소재로 활용 가능성을 시사하여 광향을 이용한 통풍 억제 효능 연구의 기초자료로 제공이 가능할 것으로 생각한다.

**감마선 조사처리에 따른 광향 추출물의 pancreatin  $\alpha$ -amylase 억제 효과 비교**

$\alpha$ -Amylase는  $\alpha$ -1,4-glucan을 소장에서 임의로 절단하여 다당류를 glucose와 maltose로 분해하는 가수분해 효소로,  $\alpha$ -amylase 활성을 저해시키면 당질 가수분해와 흡수를 지연시켜 식후 혈당을 조절하여 인슐린 비의존형 당뇨병인 제2형 당뇨병의 증상을 개선할 수 있다(45). 감마선 조사처리에 따른 광향의  $\alpha$ -amylase 억제 효과는 Fig. 6과 같이 열수 추출물 200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 40.31%, 조사구 10 kGy는 63.57%의 저해율을 나타내어 감마선 조사처리에 따라  $\alpha$ -amylase 억제 효과가 유의적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다( $P < 0.05$ ). 반면 50% 에탄올 추출물의 경우 200 µg/mL phenolics 농도에서

비조사구 0 kGy는 35.66%, 조사구 10 kGy는 37.98%의 저해율을 나타내어 감마선 조사처리에 따른 효능의 변화가 유의적으로 나타나지 않았다. Park 등(30)의 연구에 따르면 감마선 조사 처리한 한약재 총목피의 에탄올 추출물 200 µg/mL phenolics 농도에서 비조사구 0 kGy는 74.8%의 저해율을 나타내었고 감마선 10 kGy 조사 시 100.0%로  $\alpha$ -amylase 저해 효과가 증대하였지만, 열수 추출물의 경우 감마선 조사처리에 따른 효능의 변화가 유의적이지 않은 것으로 보고하였다. 또한, 지층이 에탄올 추출물에 감마선 3, 7, 20 kGy 선량으로 조사 처리하였을 때, 감마선 조사에 따른  $\alpha$ -amylase 저해 활성이 유의적으로 차이가 없다는 Lee 등(46)의 보고를 종합해볼 때 시료 및 용매에 따라 감마선 조사처리에 따른 효소 저해 활성 변화에 감수성 차이가 있을 것으로 생각하였다. 또한,  $\alpha$ -amylase 억제제로 시판 중인acarbose를 positive control로 사용하여 비교하였을 때 열수 추출물 조사구 10 kGy에서 acarbose와 유사한 수준의 높은 저해 효과를 나타내었다. 따라서 감마선 조사처리에 따른  $\alpha$ -amylase 효소 억제 효과의 증대를 기대할 수 있을 것으로 판단되며, 감마선 조사 처리된 광향 추출물을 이용하여  $\alpha$ -amylase 억제 관련 기능성 소재 개발이 가능할 것으로 기대되었다.

이상의 결과와 같이 약용식물인 광향의 위생적인 장기 보존을 위해 감마선 10 kGy 조사처리 시 광향 열수 및 50% 에탄올 추출물의 경우 생리활성의 유의적인 손실 없이 위생 처리가 가능한 것으로 판별되었다. 또한, 한약재의 경우 총목피(30) 및 독활(47) 등 한약재마다 생리활성 변화의 결과가 매우 다르게 나타나며, 이에 따라 한약재마다 처리 조건이 달라지므로 한약재의 감마선 조사처리의 획일적인 조건을 제시하기 위한 연구가 더 필요할 것으로 생각한다.

**요 약**

약용식물의 장기 저장을 위한 위생처리법으로 감마선 조사 처리의 적용 가능성을 확인하고자 한국산 약용식물인 광향에 감마선 조사처리 후 항산화 효능 및 생리활성 변화에 미

치는 영향을 검토하였다. 먼저 광향의 감마선 조사처리에 따른 조사 판별 마커 확인을 위해 광자극발광법(PSL), 열발광분석법(TL), 전자스핀공명법(ESR)을 이용하여 조사처리 여부를 확인하였으며, 그 결과 비조사구 0 kGy와 조사구 5 kGy, 10 kGy에서 조사선량에 따라 명확하게 페딘의 차이를 나타내어 음성 시료와 양성 시료로 판단할 수 있었다. 따라서 약용식물인 광향의 위생처리 및 장기 보존을 위한 감마선 조사처리 시 PSL, TL, ESR 시험 검지법을 적용하여 감마선 조사 여부 판별이 가능한 것을 입증하였다. 감마선 조사처리에 따른 유용성분의 추출 수율 비교를 위해 물과 에탄올을 용매로 하여 비조사구 0 kGy와 조사구 10 kGy의 total phenolics 함량을 비교한 결과, 감마선 조사처리에 따라 열수 및 에탄올 추출물 모두 감마선 조사처리에 따라 추출 수율이 증대되는 것을 확인할 수 있었다. Total phenolics 추출 수율이 가장 우수한 열수 추출물과 50% 에탄올 추출물을 이용하여 total phenolics 농도를 각각 50~200 µg/mL로 조절하여 항산화 및 생리활성 변화를 비교 검증하였다. 수용성 물질의 항산화 활성 확인을 위한 DPPH 라디칼 저해 효과와 ABTS 라디칼 저해 효과를 비교한 결과, 열수와 50% 에탄올 추출물 모두 감마선 조사처리에 의한 효능 변화 폭이 높게 나타나지 않았다. 지용성 물질의 항산화 활성 확인을 위한 antioxidant protection factor 효과에서도 감마선 조사처리가 효능의 변화에 크게 영향을 미치지 않았으나, TBARS 저해 효과에는 감마선 조사처리에 의해 열수 및 50% 에탄올 추출물 모두 유의적으로 광향의 TBARS 저해 효과를 증대시키는 양상을 나타내었지만 그 변화 폭은 크지 않았다. 이상의 결과를 통해 감마선 조사처리가 광향의 항산화 효능 변화에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단되며, 광향이 지닌 고유한 항산화력을 일부 보존하는 것으로 판단되었다. 감마선 조사처리에 따른 xanthine oxidase 억제 효과를 비교한 결과는 항산화력과 유사하게 효소 억제 활성에 유의적인 변화를 주지 않는 것으로 나타났다. 반면 감마선 조사처리에 따른 α-amylase 억제 효과를 비교한 결과는 광향 열수 추출물 200 µg/mL phenolics 농도에서 10 kGy 조사처리 시 63.57%의 저해율을 보여주었으며, 비조사구 0 kGy에 비해 저해율이 23.26% 증가하는 양상을 나타내어 감마선 조사처리에 따라 α-amylase 억제 효과가 유의적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 바탕으로 광향의 위생처리를 위한 10 kGy의 감마선 조사처리 시 광향 열수 및 50% 에탄올 추출물의 항산화 활성에 유의적인 변화를 일으키지 않는 것을 확인하였으며, 감마선 조사처리가 광향이 지닌 고유한 기능성을 보존하거나 소폭 증대시켜 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각하였다. 따라서 본 연구 결과가 감마선 조사처리 기술의 기능성 소재 개발 연구에 적용하기 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

## REFERENCES

1. Shim JS, Kim SD, Kim TS, Kim KN. 2005. Biological activities of flavonoid glycosides isolated from *Angelica keiskei*. *Korean J Food Sci Technol* 37: 78-83.
2. Freeman BA, Crapo JD. 1982. Biology of disease: free radicals and tissue injury. *Lab Invest* 47: 412-426.
3. MFDS. 2015. *The Korean herbal pharmacopoeia*. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea. p III.1.
4. Kim YH. 2014. *New herbal medicine*. Hanol Publisher, Seoul, Korea. p 293-294.
5. Kim GC. 2012. *Herbal medicine comment learned easily*. Shinilbooks Publisher, Seoul, Korea. p 273-277.
6. Morteza-Semnani K, Saedi M, Akbarzadeh M. 2007. Essential oil composition of *Teucrium scordium* L.. *Acta Pharm* 57: 499-504.
7. Esmaeili MA, Yazdanparast R. 2004. Hypoglycaemic effect of *Teucrium polium*: studies with rat pancreatic islets. *J Ethnopharmacol* 95: 27-30.
8. Mahmoudabady M, Shafei MN, Niazmand S, Khodae E. 2014. The effects of hydroalcoholic extract of *Teucrium polium* L. on hypertension induced by angiotensin II in rats. *Int J Prev Med* 5: 1255-1260.
9. Kim YM, Kim MH, Yang WM. 2015. Effects of *Agastache rugosa* on obesity via inhibition of peroxisome proliferator-activated receptor-gamma and reduction of food intake. *J Korean Med Obes Res* 15: 104-110.
10. Jang M, Byun SH, Seo H. 2015. Hepatoprotective effect of *Teucrium veronicoides*. *The Journal of East-West Medicine* 40: 1-12.
11. Hong JY, Chung HJ, Choi TJ, Pyee Y, Lee JH, Lee DU, Choi JS, Lee SK. 2014. Evaluation of gastric motility enhancement of the extracts and isolates from traditional medicinal herbs. *Korean J Pharmacogn* 45: 187-193.
12. Lee EJ, Yang JS. 2002. Detection of gamma-irradiated Korean medicinal herbs by ESR spectroscopy. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 717-721.
13. Jung GT, Ju IO, Choi JS. 1998. Studies on drying and preservation of Omija (*Schizandra chinensis* BAILL.). *Korean J Postharvest Sci Technol* 5: 217-223.
14. Kwon JH, Byun MW, Lee SJ. 1994. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on sorption properties and microbiological quality of white ginseng powder. *Korean J Food Sci Technol* 26: 272-277.
15. Jeong JH, Ahn JJ, Baek JY, Kim HY, Kwon JH, Jin CH, Jeong IY. 2014. Comparison of photostimulated luminescence, thermoluminescence, and electron spin resonance spectroscopic analyses on dried-spices irradiated by gamma ray and electron beam. *Korean J Food Sci Technol* 46: 256-261.
16. 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.
17. MFDS. 2016. *Korean Food Standard Code*. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea. p 8-2-1.
18. Yang HS, Park YD, Jin CH, Choi DS, Chung HW, Byun MW, Jeong IY. 2008. Detection characteristics of gamma-irradiated Korean medicinal herbs by using PSL, TL, and ESR. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1529-1533.
19. MFDS. 2016. *Korean Food Standard Code*. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea. p 8-2-2.
20. MFDS. 2016. *Korean Food Standard Code*. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea. p 8-2-3.

21. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
22. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
23. Pellegrini N, Re R, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis(3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Methods Enzymol* 299: 379-389.
24. Andarwulan N, Shetty K. 1999. Phenolic content in differentiated tissue cultures of untransformed and *Agrobacterium*-transformed roots of anise (*Pimpinella anisum* L.). *J Agric Food Chem* 47: 1776-1780.
25. Buege JA, Aust SD. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 52: 302-310.
26. Davidson PM, Parish ME. 1989. Methods of testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technol* 43: 148-155.
27. Stirpe F, Della Corte E. 1969. The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J Biol Chem* 244: 3855-3863.
28. Stachowicz W, Strzelczak-Burlinska G, Michalik J, Wojtowicz A, Dziedzic-Goclawska A, Ostrowski K. 1992. Application of electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy for control of irradiated food. *J Sci Food Agric* 58: 407-415.
29. Kwon JH. 2010. *Safety and understanding of irradiated food*. Korea Food Safety Research Institute, Seoul, Korea. p 9-29.
30. Park HJ, Lee EH, Kim MU, Lee SH, An DH, An BJ, Kwon JH, Cho YJ. 2014. Biological activities of extracts from gamma-irradiated *Aralia elata* cortex. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1236-1247.
31. Kim MS, Yun SH, Na HS, Park HJ, Choi GC, Yang SI, Lee JH. 2013. Chemical compositions and functional characteristics of Korean and imported pomegranate (*Punica granatum* L.). *Korean J Food Preserv* 20: 342-347.
32. Kim KH, Jo JE, Lee SA, Yook HS. 2011. Antioxidative properties of ethanolic extracts from Flowering Cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit with various doses of gamma radiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1378-1383.
33. Khattak KF, Simpson TJ, Ihasnullah. 2008. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavenging activity of *Nigella staiva* seed. *Food Chem* 110: 967-972.
34. Kim JS, Choi WS, Chung JY, Chung HC, Lee HY. 2013. Enhancement of cosmeceutical activity from *Codonopsis lanceolata* extracts by stepwise steaming process. *Korean J Med Crop Sci* 21: 204-212.
35. Son JH, Jo C, Kim MR, Kim JO, Byun MW. 2011. Effect of gamma irradiation on removal of undesirable color from green tea extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1305-1308.
36. Kim SH, Hwang IW, Chung SK, Seo YJ, Kim JS, Jeong YJ, Kim MY. 2015. Physicochemical properties of *Salvia miltiorrhiza* Bunge following treatment with enzymes. *Korean J Food Preserv* 22: 699-707.
37. Lee SJ, Shin JH, Lee HJ, Tak HM, Kang MJ, Sung NJ. 2013. Antioxidant and anti-inflammatory activities of functional plant materials. *J Life Sci* 23: 869-878.
38. Lee EH, Lee SH, Cho YJ. 2015. Biological activities of extracts from *Cornus kousa* fruit. *J Appl Biol Chem* 58: 317-323.
39. Zieliński H, Kozłowska H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J Agric Food Chem* 48: 2008-2016.
40. Kim JH, Lee SY, Kwon OJ, Park JH, Lee JY. 2013. Anti-aging and anti-diabetes effects of *Aconitum pseudo-laeve* var. *erectum* extracts. *J Life Sci* 23: 616-621.
41. Park SH, Kim DK, Bae JH. 2011. The antioxidant effect of *Portulaca oleracea* extracts and its antimicrobial activity on *Helicobacter pylori*. *Korean J Food Nutr* 24: 306-311.
42. Lee SY, Kim JH, Park JM, Lee IC, Lee JY. 2014. Antioxidant activity and inhibition activity against  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase of *Smilax china* L.. *Korean J Food Preserv* 21: 254-263.
43. Kwon SC, Jeon TW, Park JS, Kwak JS, Kim TY. 2012. Inhibitory effect on tyrosinase, ACE and xanthine oxidase, and nitrite scavenging activities of *Jubak* (alcohol filter cake) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1191-1196.
44. 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.
45. Kim MY, Lee SH, Jang GY, Park HJ, Li M, Kim SJ, Lee YR, Lee J, Jeong HS. 2013. Enzyme inhibition activities of ethanolic extracts from germinating rough rice (*Oryza sativa* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 917-923.
46. Lee SJ, Song EJ, Kim KBWR, Lee CJ, Jung JY, Kwak JH, Choi MK, Kim MJ, Kim TW, Ahn DH. 2010. Inhibitory effects of *Sargassum thunbergii* ethanol extract against  $\alpha$ -amylase. *Kor J Fish Aquat Sci* 43: 648-653.
47. Park HJ, Hong EJ, Hong SH, Cho YJ. 2017. Comparison of anti-oxidative activities of gamma-irradiated *Aralia continentalis* extracts for long-term storage of Oriental medicine. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46: 46-55.