

## 땅콩껍질 추출물의 항산화능에 대한 원적외선과 열처리 효과

- 연구노트 -

임아람 · 정은실 · 조성춘 · 이승철\*

경남대학교 식품생명공학부

### Effect of Far-Infrared Irradiation and Heat Treatment on the Antioxidant Activity of Extracts from Peanut (*Arachis hypogaea*) Shell

A-Ram Rim, Eun-Sil Jung, Seong-Chun Jo and Seung-Cheol Lee\*

Division of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

#### Abstract

The effects of far-infrared (FIR) irradiation and heat treatment on the antioxidant activity of extracts from peanut shells was evaluated. Peanut shells were placed in pyrex petri dishes (8.0 cm diameter) and irradiated at 150°C for 5, 10, 15, 20, 40 or 60 min with a FIR heater. After FIR irradiation or simple heat treatment at same conditions, methanol extracts of peanut shells were prepared and total phenol contents (TPC), radical scavenging activities (RSA) and reducing powers of the extracts were determined. The antioxidant activities of the extracts increased as the time of heating or FIR-irradiation increased. When peanut shells were FIR-irradiated at 150°C for 5 min, the values of TPC, RSA, and reducing power of the extracts increased from 40.17 mg/mL to 42.30 mg/mL, 67.7% to 76.3%, and 0.569 to 0.639, respectively, compared to the untreated controls. Simple heat treatment of peanut shell under the same conditions (150°C for 5 min) also increased the TPC, RSA, and reducing power of the extracts from 40.17 mg/mL to 43.52 mg/mL, 67.7% to 79.3% and from 0.569 to 0.623, respectively. The results indicate that appropriate FIR-irradiation or heat treatment on peanut shells could increase the antioxidant activities of methanolic extracts.

**Key words:** peanut (*Arachis hypogaea*) shell extract, far-infrared, heat treatment, antioxidant activity

#### 서 론

오늘날 널리 이용되고 있는 합성 항산화제는 butylated hydroxyanisole(BHA), butylated hydroxytoluene(BHT), tertiary butylhydroquinone(TBHQ) 등이 알려져 있으며, 항산화력이 뛰어난 페놀계 항산화제이다. 항산화제는 식품산업, 의약품산업, 화장품산업 등 다양한 분야에서 이용될 수 있기 때문에 국가 경제 산업적 측면에서 매우 큰 파급효과를 기대할 수 있다. 그러나 지금까지 알려진 항산화제는 약한 활성, 독성(1,2) 및 발암성(3,4)이 지적되어, 안전성과 관능상으로 문제가 되지 않는 천연으로부터 보다 안전하고 강한 활성을 지닌 신규 천연 항산화제의 개발과 연구가 요구되고 있다.

땅콩(*Arachis hypogaea*)은 일년생 초본으로, 꽃이 피어 수정되고 시들면 자방의 밑 부분이 땅속으로 들어가 꼬투리가 형성되어 그 속에서 종자가 자란다(5). 땅콩껍질은 땅콩의 수확 후 저장성을 높여주는 기능을 가지고, 외부의 미생물, 곤충으로부터 물리·화학적으로 종실을 보호할 뿐만 아니라, 산화에 대한 자기방어 역할을 한다. Yen과 Duh(6)는

땅콩 껍질 메탄올 추출물에서 항돌연변이 효과가 있음을 보고하였고, Wee와 Park(7)은 땅콩껍질에서 4-hydroxybenzoic acid와 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid의 항균·항산화능을 가진 페놀화합물의 존재를 보고하였다. 이런 땅콩 껍질은 땅콩 중량의 35~40% 정도를 차지하며 상당한 양이 부산물로 생산되어되거나 용도가 제한되어 일부가 사료로 이용되고 있을 정도이다.

한편, 원적외선은 약 3.0~1,000 m의 파장을 가지고 있으며, 가열과 비가열의 방법으로 이용된다. 가열의 용도로는 식품의 가열 건조, 식품의 자숙, 식품의 열탕, 식품의 배소, 식품의 유탕, 식품 살균처리, 냉동식품의 해동, 난방 등이 있으며, 비가열 응용은 식품의 선도유지, 식품의 숙성, 식품의 풍미향상 등에 적용되고 있다. 원적외선은 생물적으로 활성이 있으며, 물질의 중심까지 고르게 열을 전달하는 특성을 가지고 있다(8). 식품 분야 외에도 의학 분야에서도 *in vivo* 상으로 실험한 결과 쥐의 생존력이 증가하며, 체력과 지구력이 증강되는 생리활성을 나타내기도 하였다(9). Niwa와 Miyachi(10)는 천연 항산화 물질들은 중합체인 poly-

\*Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr  
Phone: 82-55-249-2684, Fax: 82-55-249-2995

phenol, tocopherol, flavonoid 등의 고분자를 가지고 있는데 원적외선 처리가 이들을 저분자로 유리시킨다고 보고한 바 있다. 본 연구진도 원적외선 처리에 의하여 왕겨의 고분자 polyphenol들이 유리되어 항산화능이 증가되었다는 결과를 보고한 바 있다(11). 일반적인 열처리 공정은 식품가공이나 향기와 맛을 개선시키기 위한 목적으로 가열조작을 거치는 경우가 많다. 이에 본 연구에서는 원적외선 조사와 일반 열처리를 비교하여 땅콩껍질의 항산화력에 미치는 영향을 확인함으로써 일부만이 사료로 사용되고 있는 땅콩껍질을 천연 항산화제로서의 이용 가능성을 확인하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 땅콩껍질 및 시약

본 실험에 사용한 땅콩껍질(*Arachis hypogaea*)은 경상남도 마산시에서 구입한 땅콩으로부터 분리되어 회수한 것으로 4°C에서 저장하면서 사용하였다. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 시약과 gallic acid는 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd.(Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 그리고 potassium ferricyanide, methanol과 염화철은 모두 분석등급을 사용하였다.

### 원적외선 처리 및 메탄올 추출물 제조

땅콩은 수세하고 종실을 제거한 후, 땅콩껍질을 서늘한 곳에서 풍건한 후 믹서기(Mixer MC-811C, (주) 노비타)로 분쇄하여 27 mesh의 체로 거른 후, 분말 상태로 제조하였다. 땅콩껍질 1.0 g을 유리 페트리 접시(Ø 8.0 cm)에 놓고, 원적외선 건조기(A-Sung Test Machine, Korea)를 이용하여 150°C에서 5, 10, 15, 20, 40 그리고 60분씩 각각 원적외선을 조사하였다. 원적외선 히터의 규격은 35×10 cm, 출력 200 W로서 Hakko Electric Machine Works Co., Ltd(Nagano, Japan)의 제품이었다. 그리고 대조구로서 가열 건조기(A-Sung Test Machine, Korea)를 사용하여 150°C에서 땅콩껍질을 열처리하였다. 각각 처리된 땅콩껍질 0.5 g을 50 mL의 메탄올로 shaking incubator(상온)에서 12시간 추출하였다. 각각의 추출물은 1,000×g에서 15분 동안 원심분리한 후, 여과지(Whatman No. 1)에 여과하여 땅콩껍질 메탄올 추출물을 준비하였다.

### 총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Gutfinger(12)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 땅콩껍질 메탄올 추출물 1 mL를 취하여 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL를 가하여 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10분간 13,400×g에서 원심분리한 후, 상정액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 mg/

mL 단위로 나타내었다.

### 전자공여능 측정

시료의 전자공여능은 DPPH 라디칼 소거능으로 측정하였다(11). 즉, 시료 0.1 mL에 4.1×10<sup>-5</sup> M의 DPPH 용액 0.9 mL를, 가한 후 상온에서 10분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자 공여능으로 계산하였다.

$$\text{전자 공여능 (\%)} = \left( 1 - \frac{\text{시료 첨가구의 OD}}{\text{무처리구의 OD}} \right) \times 100$$

### 환원력의 측정

환원력은 Oyaizu(13)의 방법에 따라 측정하였으며, 항산화 물질에 대한 철 이온의 환원력을 측정한 것이다. 1 mL의 인산염 완충용액(0.2 M, pH 6.6)에 1 mL 땅콩껍질 메탄올 추출물에 1%, potassium ferricyanide 용액 1 mL을 가하고 이 혼합물을 50°C, 20분간 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid 용액 1 mL을 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 13,400×g에서 원심 분리하여 얻은 상정액 1 mL과 메탄올 1 mL을 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 mL을 넣고 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 행해졌으며, 데이터의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준편차, Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(14).

## 결과 및 고찰

### 총 페놀함량

원적외선 조사 및 일반 열처리된 땅콩껍질 메탄올 추출물의 총 페놀함량의 변화를 Table 1에 나타내었다. 원적외선 조사구의 경우 무처리구의 총 페놀함량 40.17 mg/mL에 비해 조사 10분에서 46.01 mg/mL로 증가하였다. 이러한 증가는 원적외선 조사의 경우 40분까지 유의차없이 유지되었으며 60분에는 무처리구보다 감소하였다. 이에 반해 일반 열처리구의 경우는 처리 5분의 경우 43.52 mg/mL로 총 페놀 함량이 최대로 증가하여, 조사 40분까지 유의차없이 일정하게 유지하였으며 원적외선처리와 같이 60분때 감소함을 보였다.

페놀성 물질은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물로서 다양한 구조와 분자량을 가진다. 식물체에 존재하는 페놀 화합물은 수산기를 통한 수소 공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의해 항산화 능력을 나타낸다(15). 땅콩껍질에는 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid과 4-hydroxybenzoic acid가 항산화능에 관여한다고 보고되었다(7). 식물의 페놀 화합물은 세포벽 다당류, 리그닌 등과 ester 결합되어 있거나 중합체로 존재한다(16). 열을 동반하는 원적외선 조

**Table 1. Effect of FIR-radiation and heat treatments on total phenolic contents of methanol extract from peanut (*Arachis hypogaea*) shells** (unit: mg/mL)

	Time (min)							SEM
	0	5	10	15	20	40	60	
FIR-irradiation	40.17 <sup>bc1)</sup>	42.30 <sup>bac</sup>	46.01 <sup>a</sup>	44.88 <sup>ba</sup>	44.44 <sup>bac</sup>	41.12 <sup>bac</sup>	38.35 <sup>c</sup>	1.13
Heat treatment	40.17 <sup>ab</sup>	43.52 <sup>a</sup>	41.19 <sup>ab</sup>	41.01 <sup>ab</sup>	40.77 <sup>ab</sup>	41.63 <sup>ab</sup>	31.80 <sup>c</sup>	2.13

<sup>1)</sup>Different letters within a row are significantly different ( $p < 0.05$ ),  $n = 3$ .

사는 복사 방식으로 열을 전달하는데, 이는 열전달을 위한 매체가 필요없이 전열 속도가 빠른 특징을 가지고 있어 식품의 내외에 균일하게 열전달할 수 있다. 원적외선은 물분자들의 클러스터를 작게 만들며(17), 물분자의 <sup>17</sup>O NMR 스펙트럼에서 피크 폭을 감소시킨다고 알려졌다(8). 이러한 사실은 원적외선이 물분자의 운동을 촉진시킴을 의미하며, 이로 인해 원적외선은 많은 응용을 갖는다(8). Niwa 등(18)은 전통 동양도자기로 가열하면 원적외선에 의해 한약재의 항산화능이 증가하며, Lee 등(11,19)은 왕겨와 탈지 참깨박의 항산화능이 원적외선 조사에 의해 증가하며 이는 증가된 페놀화합물에 기인함을 밝혔다. 왕겨의 경우 100°C에서 30분간 원적외선을 처리하였을 때, 무처리구의 메탄올 추출물과 원적외선 처리한 후 총 페놀 함량을 비교해 보았을 때 58%가 증가하였다(11).

한편, 일반 열처리 공정도 참깨와 감귤 껍질의 총 페놀 함량을 증가시키는 유용한 방법임이 확인되었다(20,21). 본 실험에서도 일반 열처리로 인해 땅콩 껍질의 총 페놀 함량이 증가하였다. 그러나, 왕겨에 대한 일반 열처리는 왕겨 추출물의 총 페놀 함량을 향상시키지 못하였으며, 왕겨에 대한 원적외선 처리는 왕겨 추출물의 총 페놀 함량을 향상시켰다. 이는 각 식물 소재의 페놀 화합물이 다양한 형태로 존재하며, 이는 적절한 처리 공정에 의해 유리화될 수 있음을 의미한다.

#### 전자공여능

항산화능을 측정하는 방법은 다양하지만, 본 연구에서는 안정적인 자유 라디칼인 DPPH 라디칼에 대한 전자공여능

(electron-donating activity, EDA)으로 땅콩껍질 추출물의 항산화능을 조사하였다(Table 2). 무처리 땅콩껍질에 비하여 원적외선을 5분간 조사한 땅콩껍질 추출물의 전자공여능은 67.7%에서 76.3%로 증가하였다. 원적외선 조사의 영향은 5~40분간 유의차가 없이 유지되었으며, 60분간 처리하였을 때는 59.5%로 감소하였다. 일반 열처리의 경우 5분간 처리하였을 때 79.3%로 측정되었고, 5~20분간의 처리 시간에서 유의차 없이 높게 관찰되었다. 그러나, 일반 열처리의 경우에도 40분간 처리 이후부터는 전자공여능이 감소하였다. 이와 같은 땅콩껍질 추출물의 전자공여능의 변화는 Table 1의 총페놀 함량의 변화와 매우 유사한 관계를 보이며, 이는 페놀 화합물의 농도가 전자공여능에 밀접한 영향을 끼친다는 보고와 일치하였다(22).

#### 환원력

환원력은 항산화력과 밀접한 관계에 있으며, 일반적으로 reduction의 존재와 연관이 있다(23). 각종 시료의 환원력을 Table 3에 나타내었다. 무처리구의 환원력은 0.569(흡광도)를 나타낸 반면, 원적외선 조사 및 열처리를 5분간 한 경우에 각각 0.639, 0.623으로 증가하였다. 이러한 증가는 원적외선 조사의 경우 15분까지, 열처리의 경우에는 20분까지 유지되었으며, 그 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 이 결과는 앞서 총 페놀함량과 라디칼 소거능의 측정 결과처럼 원적외선 처리나 열처리가 매우 유사한 결과를 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

**Table 2. Effect of FIR irradiation and heating treatment on DPPH radical scavenging activity of methanol extract from peanut (*Arachis hypogaea*) shell** (unit: EDA %)

	Time (min)							SEM
	0	5	10	15	20	40	60	
FIR-irradiation	67.7 <sup>bl1)</sup>	76.3 <sup>a</sup>	76.4 <sup>a</sup>	75.9 <sup>a</sup>	76.8 <sup>a</sup>	76.5 <sup>a</sup>	59.5 <sup>c</sup>	1.18
Heat treatment	67.7 <sup>b</sup>	79.3 <sup>a</sup>	78.0 <sup>a</sup>	77.1 <sup>a</sup>	77.0 <sup>a</sup>	68.4 <sup>b</sup>	36.7 <sup>c</sup>	1.11

<sup>1)</sup>Different letters within a row are significantly different ( $p < 0.05$ ),  $n = 3$ .

**Table 3. Effect of FIR irradiation and heating treatment on reducing power of methanol extract from peanut (*Arachis hypogaea*) shell** (unit: Abs)

	Time (min)							SEM
	0	5	10	15	20	40	60	
FIR-irradiation	0.569 <sup>bl1)</sup>	0.639 <sup>a</sup>	0.605 <sup>a</sup>	0.616 <sup>a</sup>	0.538 <sup>c</sup>	0.496 <sup>d</sup>	0.459 <sup>e</sup>	0.01
Heat treatment	0.569 <sup>a</sup>	0.623 <sup>a</sup>	0.581 <sup>a</sup>	0.583 <sup>a</sup>	0.569 <sup>a</sup>	0.451 <sup>b</sup>	0.272 <sup>c</sup>	0.013

<sup>1)</sup>Different letters within a row are significantly different ( $p < 0.05$ ),  $n = 3$ .

요 약

원적외선 조사 및 일반 열처리가 땅콩껍질의 항산화능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 150°C에서 각각 5, 10, 15, 20, 40 그리고 60분간 처리한 후, 메탄올 추출물을 제조하여 총 페놀함량, DPPH 라디칼 소거능 그리고 환원력을 측정하였다. 이들 측정 결과, 무처리구 40.17 mg/mL, 67.7%, 0.569에 비해 원적외선을 150°C에서 5분간 조사한 처리구는 각각 42.30 mg/mL, 76.3%, 0.639로 증가하였다. 한편, 150°C에서 5분간 일반 열처리한 시료의 경우는 각각 43.52 mg/mL, 79.3%, 0.623로 증가하였다. 그러나, 원적외선 조사 및 일반 열처리를 60분간 행하였을 경우에는 모두 대조구에 비해 감소하였다. 이상의 결과로 땅콩 껍질에 대한 적절한 원적외선 조사 및 열처리는 메탄올 추출물의 항산화 활성을 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2004학년도 경남대학교 교내학술연구조성비에 의해 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Buxiang S, Fukuhara M. 1997. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoids on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology* 122: 61-72.
2. Hirose M, Takesada Y, Tanaka H, Tamano S, Kato T, Shirai T. 1998. Carcinogenicity of antioxidants BHA, caffeic acid, sesamol, 4-methoxyphenol and catechol at low doses, either alone or in combination and modulation of their effects in a rat medium-term multi-organ carcinogenesis model. *Carcinogenesis* 19: 207-212.
3. Namiki M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 273-300.
4. Pokorny J. 1991. Natural antioxidant for food use. *Trends Food Sci Technol* 9: 223-227.
5. Ensminger AH, Ensminger ME, Konlande JE, Robson JRK. 1983. *Foods and nutrition encyclopedia*. Pegasus Press, CA, USA. Vol 1.
6. Yen GC, Duh PD. 1996. Antimutagenic effect of methanolic extracts from peanut hulls. *Biosci Biotechnol Biochem* 60:

- 1698-1700.
7. Wee JH, Park KH. 2000. Identification of 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid and 4-hydroxybenzoic acid with antioxidant and antimicrobial activity from *Arachis hypogaea* shell. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 464-468.
8. Inoue S, Kabaya M. 1989. Biological activities caused by far-infrared radiation. *Int J Biometeorol* 33: 145-150.
9. Kim JY, Park SK, Kim JS, Park RJ. 2001. The effect of far-infrared on survival rate of mice. *J Korean Soc Physical Therapy* 13: 561-567.
10. Niwa Y, Miyachi Y. 1986. Antioxidant action of natural health products and Chinese herbs. *Inflammation* 10: 79-91.
11. Lee SC, Kim JH, Jeong SM, Kim DR, Ha JU, Nam KC, Ahn DU. 2003. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *J Agric Food Chem* 51: 4400-4403.
12. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
13. Oyaizu M. 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
14. SAS Institute. 1995. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
15. Shahidi F, Wanasundara PK. 1992. Phenolic antioxidant. *Crit Rev Food Sci Nutr* 32: 67-103.
16. Herrmann K. 1989. Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 28: 315-347.
17. Matsushita K. 1988. Evaluation of the state of water by NMR spectrometry. *FIR Joho* 5: 6-10.
18. Niwa Y, Kanoh T, Kasama T, Neigishi M. 1988. Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and lipophilization. A new drug delivery system. *Drugs Exp Clin Res* 14: 361-372.
19. Lee SC, Jeong SM, Kim SY, Nam KC, Ahn DU. 2004. Effect of far-infrared irradiation on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *J Agric Food Chem* 53: 1495-1498.
20. Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. 2004. Effect of seed roasting conditions on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *J Food Sci* 69: 377-381.
21. Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J Agric Food Chem* 52: 3389-3393.
22. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating activity of phenol compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
23. Yoshino M, Murakami K. 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds, application to antioxidant characterization. *Anal Biochem* 257: 40-44.

(2005년 5월 23일 접수; 2005년 7월 27일 채택)