

입자도와 초고압 처리에 따른 더덕의 외피와 육질의 항산화 활성

홍윤기 · 안주희¹ · 윤원병*

강원대학교 농업생명과학대학 식품생명공학과, ¹강원대학교 의생명과학대학 생물의소재공학과

Effect of Particle Size and High Pressure Processing on the Antioxidant Activity of the Skin and Flesh of Deodeok (*Condonopsis lanceolata*)

Yoon-Ki Hong, JuHee Ahn¹, and Won Byong Yoon*

Department of Food Science and Biotechnology, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University

¹Department of Medical Biomaterials Engineering, College of Biomedical Science, Kangwon National University

Abstract

The effects of particle size and high pressure on the antioxidant activity of skin and flesh of deodeok (*Condonopsis lanceolata*) were studied. The deodeok powder was prepared by different particle sizes, such as 20-40 mesh, 40-60 mesh, and below 100 mesh. High pressure was applied at 250 MPa and 450 MPa for 10min. The antioxidant activity was measured by the concentration of total phenol, DPPH, and reduction power. According to the mass transfer theory, the diffusion rate was inversely proportional to the particle sizes of the solute. However, high extraction rate was observed from the large particle size (20-40 mesh) of the powder prepared by the whole deodeok which included both skin and flesh. When the powders were separately prepared by skin and flesh, the extraction rate were inversely proportional to the particle size. The antioxidant activity from the skin was significantly higher than that of flesh ($p < 0.05$). High pressure treatment increased the antioxidant activity of flesh dramatically. The result of study indicated that the by-product of deodeok was a useful resource to obtain the antioxidants.

Key words: *condonopsis lanceolata* skin, particle size, antioxidant, high pressure

서론

더덕은 한국, 중국 및 일본의 산간지방에서 야생하는 다년생 초본으로 도라지와 함께 일반 식용으로 널리 이용되고 있는 산채식물 중에 하나이다. 더덕은 기호식품으로 사용되며 또한 진해(鎮咳), 거담(祛痰) 등의 약효가 있다고 전해지며, 혈적(血積), 경기(驚氣), 두통(頭痛) 및 소화약(消炎藥)이나 또는 인삼의 대용 약으로 사용되어 왔다(Kim and Chung, 1975). 또한 현재 연구된 바에 의하면 더덕에 함유된 화합물로는 다양한 종류의 polyphenol 성분과 인삼의 사포닌과 유사한 codonoposide라는 새로운 사포닌계 성분이 함유되어 있고(Whang et al., 1994), 그 밖에도 4종의 β -coboline계 alkaloid와 사포닌 분획을 산가수분해하여 얻은 aglycone fraction에서 3종의 결정성 물질이 단리되었다

(Chang et al., 1986). 또한, 고지방식으로 인한 고지혈증에 대해 더덕 물 추출물의 효능뿐만 아니라 면역세포 활성화 성분 함유 및 암세포에 대한 세포독성을 보인다고 보고되고 있다(Kim et al., 1993; Lee et al., 2002). 실제 더덕의 에탄올추출물은 인삼보다 현저하게 강한 항산화 효과를 보였다(Maeng & Park, 1991).

기능성 물질을 천연물에서 추출하는 공정을 설계 시 추출 전 처리 단계가 추출공정에 미치는 영향에 대한 연구는 미미하다(Uhm & Yoon, 2011). 일반적으로 추출 전 처리 공정으로 건조와 분쇄 공정이 적용된다. 건조 정도가 동일한 경우 분쇄 조건에 따라 나타나는 입자도는 추출 수율에 큰 영향을 준다. 일반적으로 물질전달 현상에 의하여 입자 크기가 작아 질수록 동일한 농도의 추체를 사용 시 추체의 표면적이 증가하여 추출 속도가 증가하여 높은 수율을 예상할 수 있으며, 또한 시료에 따라서는 초고압(>100 MPa) 진처리 시 세포벽의 파괴에 의한 내부 저항의 감소로 추출 속도와 수율의 향상이 보고된 바도 있다(Uhm & Yoon, 2011).

더덕은 원물자체로 수요가 높아 용매를 통하여 얻어진 추출물을 활용하여 생리활성 성분이 함유된 기능성소재를 개발하는데 원가부담이 상당히 작용하는 작물이다. 특히

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon-do, 200-701. Republic of Korea

Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508

E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr

Received April 23, 2015; revised May 25, 2015; accepted June 20, 2015

더덕의 크기와 형상이 완전한 상품제품의 경우 생물에 대한 수요가 공급을 앞지르는 추세이다. 반면 형상과 크기가 상품에 미치지 못하는 작물과 파지는 그 금전적인 가치는 현저히 저하된다. 또한 더덕 가공도중 발생하는 더덕 표피(외피 부위)의 활용에 대한 연구는 전무하여 부산물인 표피를 활용하여 부가가치가 향상된 가공제품을 개발함에 어려움을 주고 있다.

본 연구에서는 더덕 추출물의 항산화 효과를 더덕의 표피와 육질의 입자도 별로 그 영향을 측정하였으며, 건조 분말에 초고압 전 처리를 가하여 추출 할 경우 초고압 처리에 의한 추출물의 활성도를 비교하였다.

재료 및 방법

추출 및 시료 희석

본 실험에 사용된 더덕은 황성 도매시장에서 구매하였으며 수세가 완료된 원물을 사용하였다. 열풍 건조 후 분쇄한 더덕 외피와 더덕 육질을 나누어 채를 이용하여 20-40 mesh, 40-60 mesh, 100 mesh 이하의 시료로 나눈 뒤 1:40 (5 g:200 mL)의 비율로 더덕 샘플과 증류수를 섞은 후 일 반 60°C에서 6시간동안 추출하였다.

초고압 추출은 더덕 샘플과 증류수를 섞은 상태로 진공 포장을 진행하여 초고압추출장치(Ilshin autoclave Co. Ltd., Daejeon, South Korea)를 이용하여, 각 추출 조건에 따라 각 처리 조건에 따라 10, 30분 동안 250, 450 MPa에서 초고압 처리를 한 후 추출을 시행하였다. 추출 후 감압여과장치로 여과하여 농축, 동결건조를 한 후 실험에 사용하였다. 추출 후 동결 건조한 시료 0.1 g을 dimethyl sulfoxide (DMSO; Junsei Chemical Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 용액화한 후 sonicator에서 30°C에서 30분간 처리한 뒤 0.45 µm 주사기용 여과 필터(Whatman, Clifton, NJ, PA, USA)를 이용하여 처리하였다.

총 phenol 함량 측정

동결 건조한 시료의 총 phenol 함량을 측정하기 위해 Folin-Danis법을 사용하였다(Park et al., 2007). 시료를 DMSO에 10 mg/mL 농도로 용해시킨 뒤 96 well plate에 시료액 10 µL와 증류수와 1:9의 비율로 희석시킨 Folin & Ciocalteu's phenol reagent 100 µL (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 혼합한 뒤 5분간 상온에서 반응시킨 뒤, 20% sodium carbonate 용액 100 µL (Yukari Pure Chemicals Co., LTD, Tokyo, Japan)를 혼합하여 암실에서 2시간 반응시킨 후 Microplate Reader (iMark™ Microplate Reader Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 이용하여 표준곡선에 따른 검량선을 작성하여 총 phenol 함량을 계산하였다.

환원력 측정

동결 건조한 시료의 환원력을 측정하기 위해서 Park et al. (2007)의 실험법을 이용해서 측정하였다. 시료 0.5 mL와 1% potassium ferricyanide 0.5 mL (Sigma-Aldrich)를 넣고 50°C에서 20분간 반응을 시켰다. 반응시킨 용액을 10% trichloroacetic acid (TCA) 용액 0.5 mL (Sigma-Aldrich)를 가한 후 2,000 rpm에서 15분간 원심분리를 진행하였다. 상층액 1 mL에 증류수 0.5 mL와 0.1% ferric chloride 0.5 mL (Sigma-Aldrich)를 혼합 하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(Oyaizu, 1986).

DPPH radical 소거능 측정

동결 건조한 시료의 항산화 활성을 확인하기 위해서 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH; Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)을 사용하여 radical 소거능을 측정하였다. 시료 40 µL와 0.0004 M DPPH시약 160 µL를 1:4의 비율로 96 well plate에서 반응시킨 뒤 30분간 방치한 후 Microplate Reader로 490 nm에서 흡광도를 측정하고 식 (1)과 같이 계산하였다.

전자공여능(%)

$$= (1 - \text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도}) \times 100 \quad (1)$$

이후 추출물의 전자공여능 값을 50% 감소시키는 IC₅₀ (half maximal inhibitory concentration)을 구하여 평가하였다(Yen & Chen, 1995).

SEM(Scanning electron microscope) image

더덕, 외피 그리고 육질 시료의 건조 후 분쇄한 입자 체 망을 통과하는 물질크기의 기준인 mesh 별로 SEM (Scanning electron microscope, E-1010, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 관찰하였다. 시료는 전처리 없이 Au-Pd coating을 실시한 뒤 이미지를 측정하였다. 배율은 100배, 500배, 1,000배로 측정하였다.

통계분석

실험결과는 Excel 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA)을 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 계산하였다. 실험군 간의 비교는 분산분석(ANOVA)을 이용하여 실행하였고 Duncan's multiple range test를 이용, 시료간 유의성을 $p < 0.05$ 와 $p < 0.1$ 의 수준에서 검정하였다. 모든 실험은 3회 반복을 하였다.

결과 및 고찰

총 phenol 함량

본 실험에 사용한 더덕을 외피와 육질로 분리하여 총 phenol 함량을 입자도 별로 측정하였다(Fig. 1). 더덕을 외

피와 육질로 분리하지 않은 상태로 건조 후 분쇄 시 입자도가 감소할수록 총 phenol 함량은 감소하였다. 일반적으로 추출물의 양은 외부저항이 적을 경우 확산법칙에 따라 식(2)와 같이 표현된다(Geankoplis, 2003).

$$\frac{VdC_A}{dt} = \bar{N}_A = Ak_L(C_{AS} - C_A) \quad (2)$$

\bar{N}_A 은 용액에 용해되고 있는 A의 kg mol/s, A는 입자의 표면적(m²), k_L 은 물질전달 계수(m/s), C_{AS} 는 용질 A의 포화용해도(kg mol/m³), C_A 는 t (s)시간 후의 용액내의 용질 A의 농도(kg mol/m³)이다. 일정한 비율의 용매와 용질이 동일한 온도에서 추출 될 경우 입자의 크기가 줄어들 경우 상대적으로 용매와 접촉하는 표면적의 크기가 증가하여 추출 속도와 추출되는 성분의 양이 증가하게 된다. Fig. 1의 결과는 식 (2)에서 나타난 일반적인 확산법칙과 상이한 결과이다.

동일한 건조 상태에서 동일한 분쇄조건으로 분쇄 시 경도가 높은 부분이 낮은 부분에 비하여 상대적으로 입자의 크기가 높게 나타난다(Dziki, 2011). 이는 더덕을 외피와 육질을 분리하지 않고 분쇄 시 입자도가 낮은 부분(20-40 mesh)에 경도가 상대적으로 높은 외피 부분이 많이 분포되어 있음을 의미한다. 이같이 동일한 입자 크기 내에 외피와 육질의 비율의 차이가 있어 이에 따라 총 phenol 함량에 차이가 날 수 있다는 가설 하에 건조 전 내피와 육질을 분리하여 건조 후 입자도별로 총 phenol 함량을 측정하였다(Fig. 1).

식물 기원의 시료에서 페놀 화합물은 함량이 많을수록 항산화 활성이 높아(Duval & Shetty, 2001), 항산화 활성의 지표로서 사용된다. 외피부위에서 측정된 총 phenol 함

량은 육질 부위와 비교 시 입자도에 관계없이 2.5배 이상 높은 수치를 보여주었다. 이와 같은 결과는 Kang (2009)에서 나타난 세포벽 물질을 통한 육질과 외피의 항산화 활성 비교와 유사한 결과로 확인 할 수 있다. 반면 육질부위는 입자도가 감소할수록 총 phenol 함량이 증가하여 표면적의 증가에 따른 추출 수율이 증가되는 전형적인 외부저항이 작은 경우의 확산에 따른 추출 수율의 변화를 보여주었다. 외피의 경우 입자도에 따른 총 phenol 함량에는 유의 차($p < 0.1$)가 없음을 보여 주었다. 이는 총 phenol 함량의 경우 외피의 보다 강한 외부저항에 의하여 입자도에 따른 확산 현상을 나타내지 않음을 추론할 수 있다.

더덕의 내피를 사용하여 초고압 처리시간을 10분과 30분으로 변화 할 시 처리 시간에 따른 총 phenol 함량을 측정하였다(Fig. 2). 초고압 처리 시 각 입자도 별로 초고압 처리를 하지 않은 내피의 총 phenol 함량(Fig. 1)과 비교 시 2에서 2.8배 이상의 증가를 가져왔다. 반면 초고압 처리 시간을 10분에서 30분으로 연장 시 두 실험 군간에는 유의 차($p < 0.1$)가 없는 것으로 나타났다. 이는 Jun et al. (2009)에서 녹차 잎의 초고압 추출 시 시간에 따른 유의 차가 나타나지 않은 것과 유사한 결과로 볼 수 있으며, 일정 시간 이상이 되면 추출 시간을 늘릴 필요가 없음을 시사한다. 마황과 당귀의 항암활성 증진에서도 초고압 추출 시간이 일정 수준 이상이 되면 시간에 따른 유의 차가 나타나지 않는 현상과 유사한 현상으로 확인할 수 있으며(Jeong et al., 2009), 또한 초고압 처리(250 MPa)에 의하여 내부 저항이 급격히 감소하여 총 phenol 성분의 추출을 증가시킨 것으로 추정된다. 그리고 Shin et al. (2010)에서 나타난 초고압 처리 후 홍삼 내 유효물질의 추출 수율 증가와 Jeong et al. (2010)의 초고압을 이용한 고로쇠 항암활성

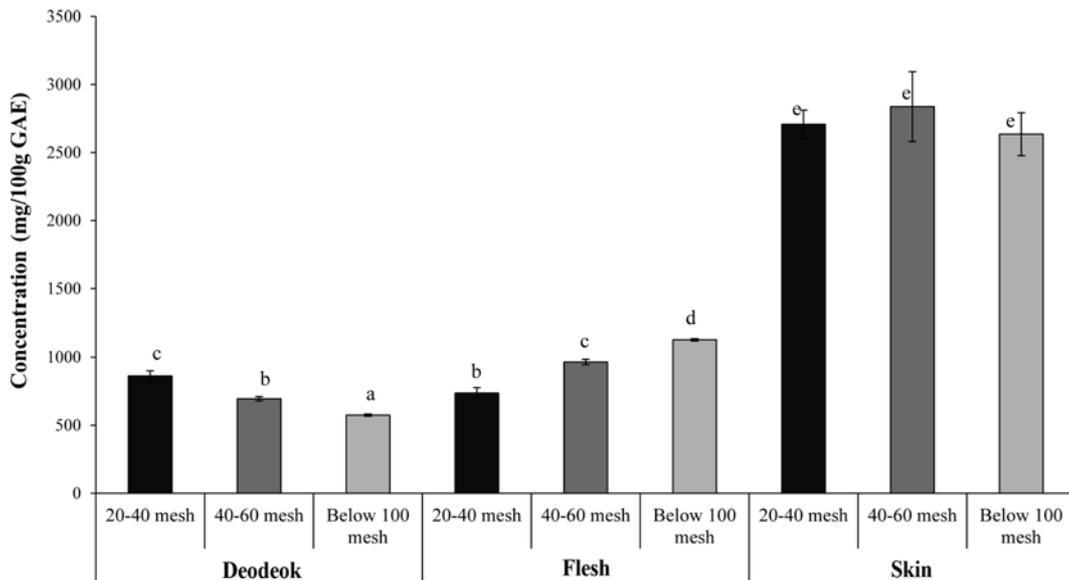


Fig. 1. Changes in total phenol concentration of deodeok, deodeok flesh and deodeok skin by different particle size. Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$.

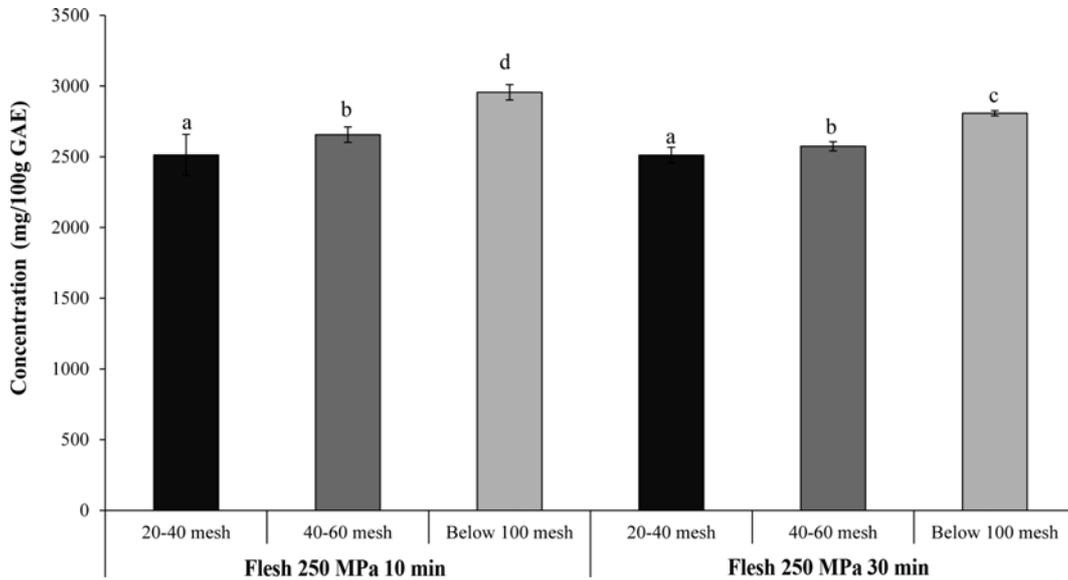


Fig. 2. Changes in total phenols concentration of deodeok flesh by particle size treated with 250 MPa for 10 min and 30 min. Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$.

증진에서의 추출 수율이 증가한 점, Prasad et al. (2010)에서 나타난 용안(longan)의 과피의 초고압에 따른 추출 수율의 변화와 유사한 경향을 나타낸 것으로 볼 수 있다. Kim et al. (2010)에서 이미 추출 수율이 증대될 수 있음을 확인한 바가 있으며, 이와 같은 결과는 실제 초고압을 이용한 더덕 제품의 생산공정을 설계하는데 있어서 시간을 줄일 수 있을 것이라 판단된다. 또한 Uhm & Yoon (2011)의 대두분말의 초고압 처리 하에 유기용매에 의한 추출 수율의 증가와 유사한 경향으로, Uhm & Yoon (2011)은 SEM을 통하여 초고압 처리에 의한 대두 내부조직의 변화를 보여 주어 내부저항의 감소에 따른 확산속도의 증가에 기인함을 보여 주었다. 초고압 처리에 따른 총 phenol 함량의 증가는 Prasad et al. (2009)에서 추출 수율 또한 증가함을 확인할 수 있다. 초고압처리는 물질이동을 증가시켜줄 뿐 아니라 가로막는 세포막에서 세포벽과 소수성 결합 용매 침투율도 증가시켜주는 것을 확인할 수 있다 (Dornenburg & Knorr, 1993; Barbosa-Canovas et al., 1998; Oey et al., 2008). 처리시간에 따라 유의 차가 없음은 30 분간의 처리 시 더 이상의 내부구조에 의한 총 phenol 함량이 동일한 추출조건(예, 온도, 시간, 용매 비)에서는 변화되지 않기 때문이라 사료된다. 초고압 처리 시간이 유의 차가 없음을 확인함에 따라 이후 모든 초고압 처리 과정은 10분간의 처리 시간에서 수행되었다.

외피와 육질을 250 MPa와 450 MPa의 초고압 하에서 10 분간 처리하였을 경우의 입자도에 따른 총 phenol 함량을 Fig. 3(a)와 (b)에 나타내었다. 육질의 경우 450 MPa의 압력에서는 250 MPa의 압력과 달리 입자도에 대한 의존성도 사라졌으며 250 MPa의 압력하에서 100 mesh 이하의 입자 크기에서 얻은 총 phenol 함량과 유사한 결과를 얻었다.

외피의 경우 초고압 처리에 250 MPa의 압력처리에 의해서는 유의적으로 입자도가 감소함에 따라 총 phenol 함량이 증가함을 보였으나, 450 MPa에서는 입자도에 따라 유의 차가 없음을 보였다. 또한 450 MPa에서 250 MPa의 처리 결과와 비교 시 더 이상 총 phenol 함량이 증가하는 추세를 보이지 않았다. Jun et al. (2009)에서 확인할 수 있듯이 녹차 잎에서 polyphenol 성분을 초고압 추출 시 압력에 따른 유의 차가 나타나다가 높은 압력에서는 유의 차가 거의 나타나지 않는 것과 유사한 현상으로 볼 수 있다. 녹차 잎에서 초고압을 이용한 카페인 추출에서도 압력에 따른 유의 차가 나타나다 높은 압력이 되었을 때, 유의 차가 없어짐을 확인할 수 있었다. 이에 따라 높은 초고압에 따른 내부 물질의 빠른 용출이 일어남에 따라 입자도 간의 차이가 상쇄된 것으로 추정된다.

총 phenol 함량은 Kim et al. (2010)에서 실시한 열수 추출물의 결과와 비교하였을 때, 외피와 육질을 분리하지 않고 건조하여 얻어진 분말의 경우 본 실험에서 나온 결과와 유사한 값을 보였으나, 외피의 경우에는 5.8배에서 6.12배의 차이가 났다. 초고압을 적용한 경우는 3.4배에서 4배 정도의 차이가 나타났다. 이와 같은 차이는 추출방법과 시료의 차이에서 기인한 것으로 보여진다. 열처리 온도와 처리시간에 따른 항산화 물질의 추출량은 Hwang et al. (2011)에서 확인할 수 있다.

환원력

환원력은 항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력을 측정함을 통해서 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용될 수 있다(Kim et al., 2010). 환원력이 강한 물질일수록 녹색으로 발색하

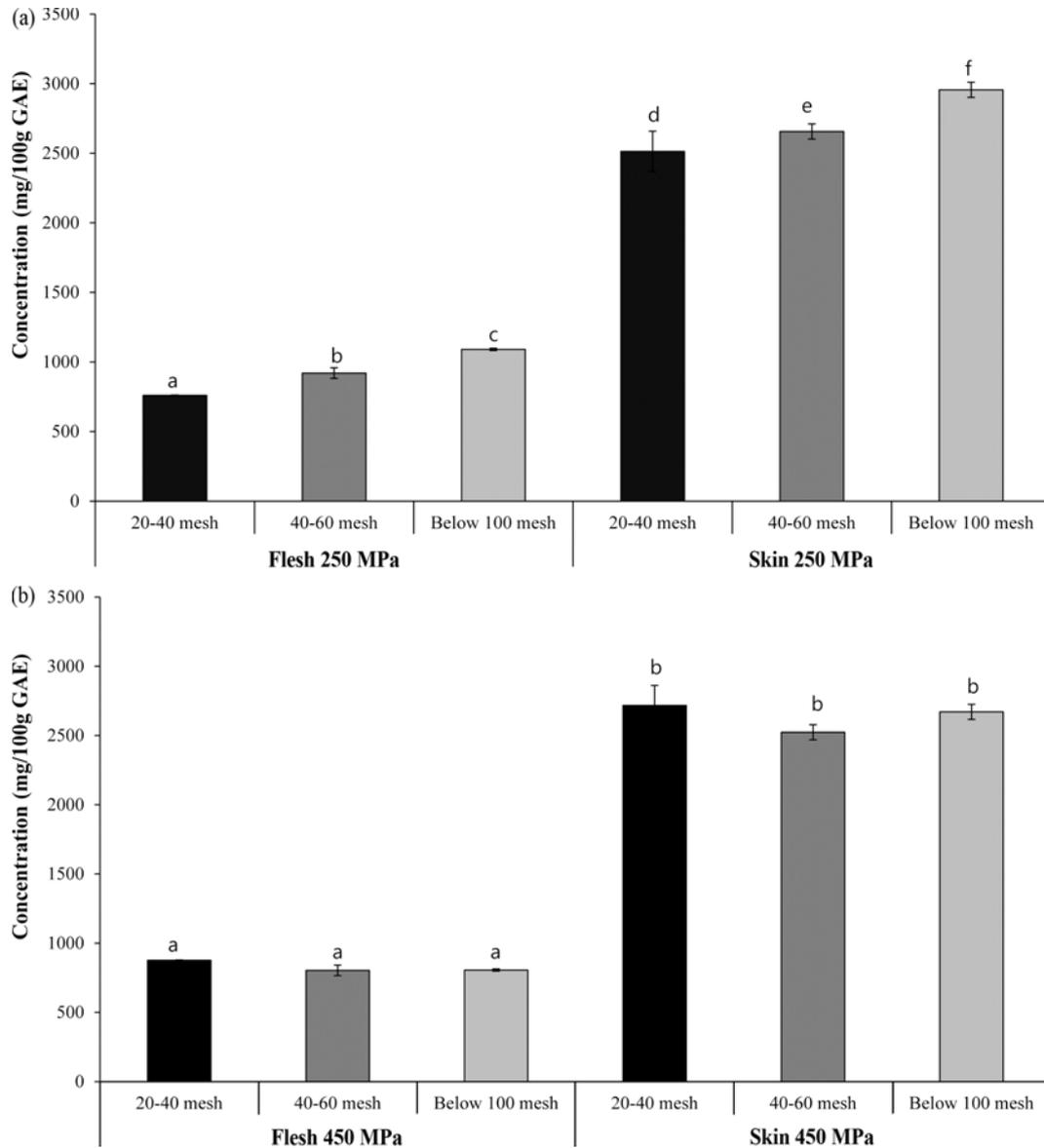


Fig. 3. Changes in total phenols concentration of deodeok flesh and skins treated in high pressure at (a) 250 MPa and (b) 450 MPa for 10 min by particle size. Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$.

며, 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(Yim et al., 2006). 외피와 육질을 분리하지 않은 더덕과 외피와 육질의 환원력을 입자도별로 측정하였다(Fig. 4). 외피와 육질이 분리되지 않은 더덕의 경우 입자도가 감소함에 따라 환원력이 감소하는 경향을 보여주었다. 이는 총 phenol에서 나타난 경향과 동일한 경향이다. 반면 육질의 경우에는 입자의 크기가 감소함에 따라서 환원력이 증가하는 경향을 보여 육질에서의 입자도에 따른 추출효과는 외부저항이 무시되는 경우의 물질전달현상에 의한 추출 기작에 따름을 보여주었다(Geankoplis, 2003). 외피의 경우에는 입자의 크기에 따른 유의 차가 존재하지 않았다. 초고압 처리(250 MPa과 450 MPa)를 10분간 한 시료의 환원력의 변화를 Fig. 5(a)와 (b)에 나타내었다. 초고압 처리 시료

의 환원력은 총 phenol 함량의 경우와 비교 시 상대적으로 적은 효과를 주었다. 입자도에 따른 효과는 더덕 내피의 경우 초고압 시료는 입자도의 영향이 없어지는 특성을 보였으며 이는 초고압에 의한 내부저항이 저하되었음에 의함으로 판단된다. 외피의 경우는 초고압 처리가 입자도에 영향을 주지 못하는 경향을 보였다.

DPPH radical 소거능

더덕, 육질, 외피의 입자도에 따른 DPPH radical 소거능을 농도를 감소하며 실시하여 확인하였다(Table 1). IC₅₀을 기준으로 DPPH radical 소거능을 측정하여 비교하였다. DPPH radical 소거능은 외피와 육질을 포함한 더덕의 경우 입자도가 낮을수록 낮아 항산화 효과가 낮음을 보여주

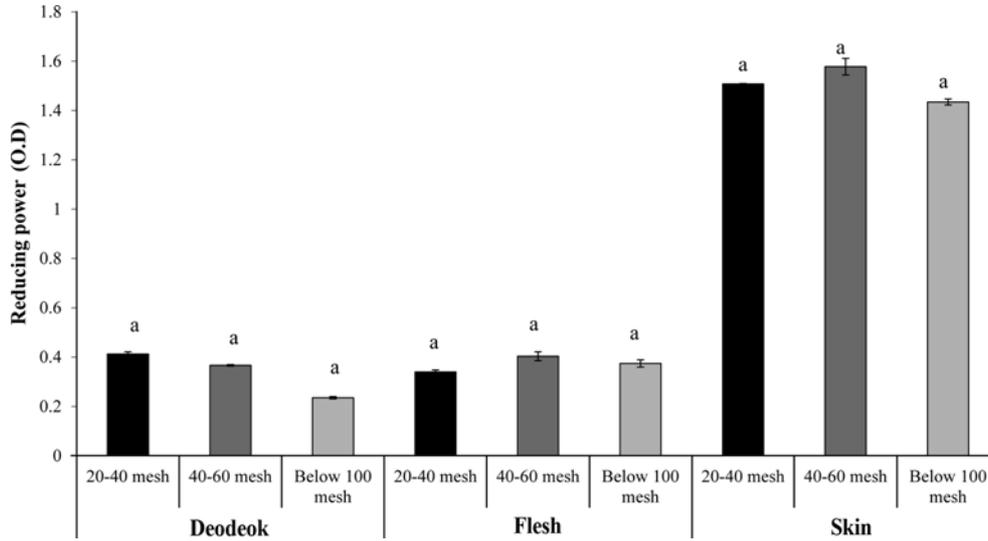


Fig. 4. Changes in reducing power of deodeok, deodeok flesh and skin by particle size. Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$.

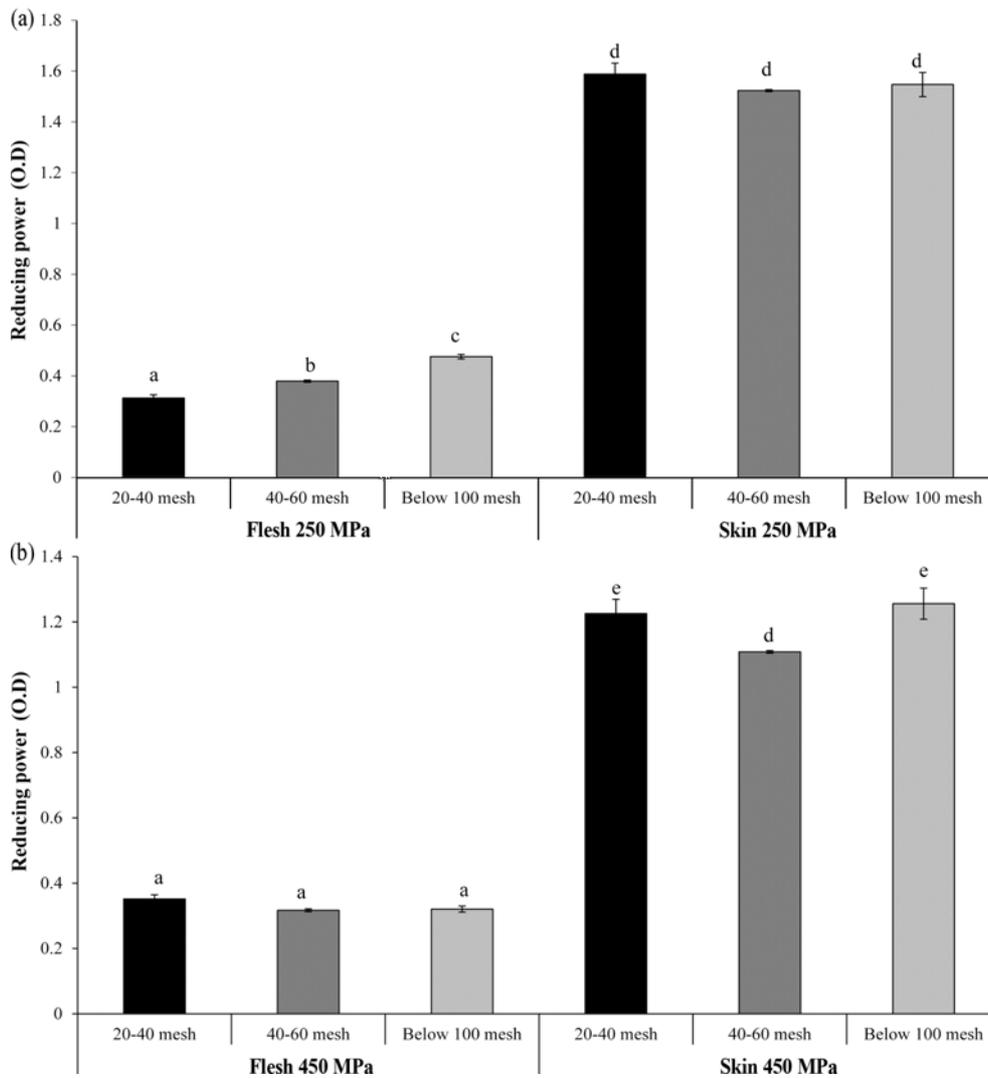


Fig. 5. Changes in reducing power of deodeok flesh and skin treated in high pressure at (a) 250 MPa and (b) 450 MPa for 10 min by particle size. Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$.

Table 1. DPPH IC₅₀ values of whole deodeok flesh and skin

	Whole	Flesh	Skin
20~40 mesh	12.26± 7.11 ^a	8.37±0.01 ^b	4.86±0.09 ^c
40~60 mesh	34.01± 2.23 ^a	7.03±0.10 ^c	4.24±0.03 ^f
Below 100 mesh	37.64±11.91 ^a	6.52±0.20 ^d	4.77±0.00 ^{ef}

Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$

었다. 반면 육질을 분리하여 측정할 시 입자도가 낮아질수록 높은 항산화 효과를 보였다. 외피의 경우에는 입자의 크기 차이에 따른 뚜렷한 효과가 없는 것을 확인할 수 있었다. 초고압 처리를 한 시료를 측정한 결과(Table 2), 대

부분의 샘플 조건에서 입자도에 따른 차이를 확인할 수 없었다. 또한 이러한 항산화능은 약주와 같은 식품에 더덕을 첨가하더라도 효능이 나타남을 확인할 수 있었다(Jin et al., 2008). DPPH radical 소거능에서 나타난 결과는 총 phenol 함량과 환원력의 측정에서 나온 결과와 유사한 결과이며, 이는 DPPH radical 소거능이 phenol류나 flavonoid 물질에 기인하여 항산화 능을 나타내는 것(Kang & Lee, 1996)에 대한 것을 확인할 수 있다.

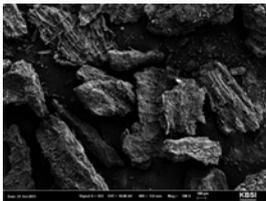
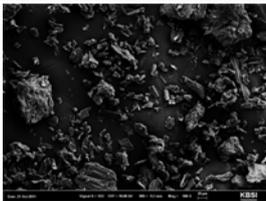
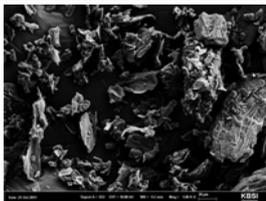
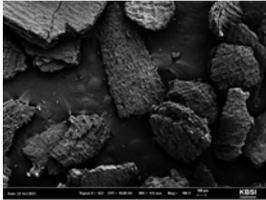
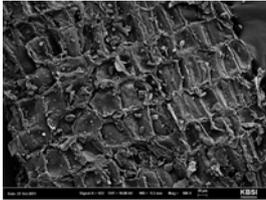
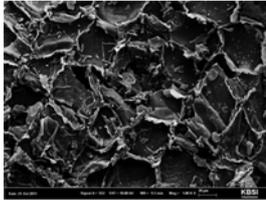
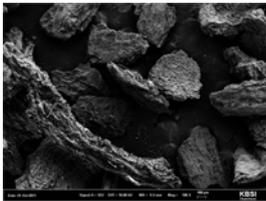
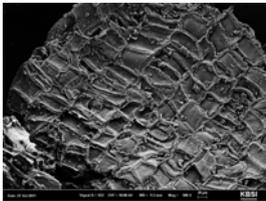
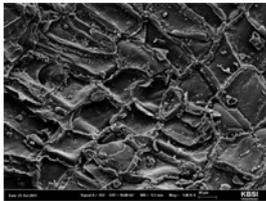
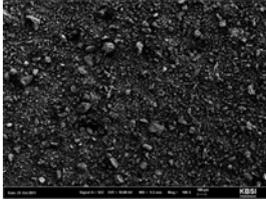
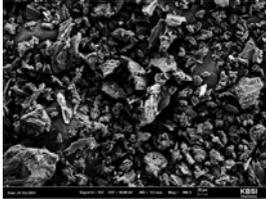
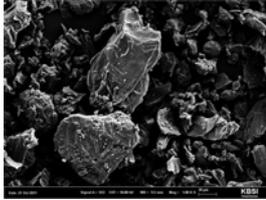
주사전자현미경(Scanning electron microscope) Image 외피와 육질을 분리하지 않은 더덕과 분리된 외피와 육질에서의 SEM 화상을 촬영하였다(Table 3). SEM은 전자

Table 2. DPPH IC₅₀ values of whole deodeok flesh and skin and treated in 250 MPa and 450 MPa for 10 min

	250 MPa 10 min		450 MPa 10 min	
	Flesh	Skin	Flesh	Skin
20~40 mesh	10.32±0.40a	5.22±0.22ef	9.08±0.67b	5.70±0.13d
40~60 mesh	9.032±0.18b	4.12±0.35f	8.94±0.87b	5.65±0.11d
Below 100mesh	7.87±0.09c	4.60±0.34e	10.07±0.58ab	6.01±0.07d

Values for a given fraction sharing the same superscript are not significantly different at $p < 0.1$

Table 3. Comparison of SEM images from (a) flesh, skin and (b) whole of deodeok upon different particle sizes

(a)	100x magnification	500x magnification	1000x magnification
Flesh (20~40 mesh)			
Skin (20~40 mesh)			
(b)	100x magnification	500x magnification	1000x magnification
Whole sample (20~40 mesh)			
Whole sample (below 100 mesh)			

층에서 나오는 전자선이 충돌해서 방출되는 원리를 이용하여 화상을 얻는 방식이다. 따라서 금속이 아닌 생물 시료를 그대로 사용할 수 없기 때문에 금, 백금 등의 작은 크기의 입자를 3-4 mm 정도로 얇게 부착하여 2차 전자 방출 유도과 전자선으로부터 시료를 보호하는 전처리를 거쳐야 한다(Chae, 1996). 전처리 과정을 통하여 코팅된 시료는 진공관 안에서 전자를 주사하여 선명한 이미지를 관찰하는데 이용된다(Kim et al., 2009). 외피의 SEM화상은 외피의 구성물질이 사각형의 각을 진 형상을 많이 포함하고 있음을 보여주고 있다. 반면 육질은 그와 같은 사각형의 형상이 거의 없는 부정형의 형상을 보여주고 있다. 외피와 육질을 분리하지 않은 더덕의 입자가 큰 경우(20-40 mesh) 외피의 SEM화상에서 발견된 사각형의 외피의 구조가 대다수 발견되었으나 입자도가 작은(100 mesh 이하) 경우 육질에서 발견된 부정형의 형상을 대다수 보여주고 있다.

본 SEM화상과 앞선 항산화 측정 결과에 따라, 외피와 육질을 분리하지 않은 더덕의 경우 입자도에 따른 추출 효과가 전통적인 물질전달현상(Vishwanathan et al., 2011)과 반대되는 현상이 나타나는 이유는 동일한 분쇄조건에서 분쇄 시 입자의 크기가 작은 경우 더덕 육질이 주로 분포하고 있으며 입자의 크기가 작은 경우 더덕 육질이 주로 분포하고 있음을 나타내 주고 있다.

요 약

본 실험은 초고압과 입자도 차이에 따른 더덕의 외피와 육질의 항산화 활성을 비교 진행하였다. 외피의 경우 입자도 크기에 따른 항산화 활성의 유의 차가 나타나지 않았지만, 육질의 경우에는 입자도 크기에 따른 항산화 활성의 유의 차가 나타났다. 초고압 하에서 실시한 더덕 외피에서는 입자도간 항산화 활성의 유의차가 나타나지 않았다. 반면 육질에서는 초고압 처리한 압력에 따라 또한 측정된 항산화 성분에 따라 입자도 간에 유의차가 나타났다. 이와 같은 현상은 시료를 구성하는 물질이 서로 다른 경도를 지니고 있어서 내부저항에 차이가 생기는 것에 기인하며 초고압 처리가 내부저항에 작용하는 정도에 따라 기인되었을 것으로 추론한다. 이 같은 결과로 더덕을 외피와 육질을 분리하지 않은 채 입자도 영향을 분석할 경우 입자의 크기가 큰 영역에 항산화도가 높은 외피가 많이 분포되어 오히려 항산화도가 높음을 관찰하였다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가 식품기술개발사업에 의해 이루어진 것임(과제번호: 314047-2).

참고문헌

- Barbosa-Canovas G, Pothakamury U, Palou E, Swanson B. 1998. Nonthermal preservation of foods. Marcel Dekker, New York, NY, USA p.9-52, 139-213.
- Chae JM. 1996. Maceration methods for SEM observation. Keimyung Med. J. 15: 75-85.
- Chang YK, Kim SY, Han BH. 1986. Chemical studies on the alkaloidal constituents of *Codonopsis lanceolata*. Arch. Pharm. Res. 30: 1-7.
- Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. J. Food Biochem. 25: 361-377.
- Dornenbrug H., Knorr D. 1993. Cellular permeabilization of cultured plant tissues by high electric field pulses or ultra high pressure for the recovery of secondary metabolites. Food Biotechnol. 7: 35-48
- Dziki D. 2011. Effect of preliminary grinding of the wheat grain on the pulverizing process. J. Food Eng. 104: 585-595.
- Geankoplis CJ. 2003. Transport processes and unit operations. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA p. 804-806.
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and dorage (*Platyodon grandiflorum*) according to temperature. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 798-803.
- Jeong HS, Han JG, Ha JH, Kim Y, Oh SH, Kim SS, Jeong MH, Choi GP, Park UY, Lee HY. 2009. Enhancement of anticancer activities of *Ephedra sinica*, *Angelica gigas* by ultra high pressure extraction. Korean J. Med. Crop Sci. 17: 102-108.
- Jeong MH, Choi WY, Seo YC, Kang HY, Choi GP, Lee HY. 2010. Anticancer activity of *Acer mono* wood extracted by ultra high pressure extraction process. Korean J. Med. Crop Sci. 18: 157-167.
- Jin TY, Lee WG, Lee IS, Wang MH. 2008. Changes of physico-chemical, sensory and antioxidant activity characteristics in rice wine, yakju added with different ratios of *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 201-206.
- Jun X, Deji S, Shou Z, Bingbing L, Ye L, Rui Z. 2009. Characterization of polyphenols from green tea leaves using a high hydrostatic pressure extraction. Int. J. Pharm. 382: 139-143.
- Kang YH. 2009. Phenolic compounds and antioxidant activity in cell wall materials from deodeok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J. Food Sci. Technol. 41: 345-349.
- Kang YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 624-630.
- Kim CH, Chung MH. 1975. Pharmacognostical studies on *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Pharmacogn. 6: 43-47.
- Kim NY, Chae HS, Lee IS, Kim DS, Seo KT, Park SJ. 2010. Analysis of chemical composition and antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* skin. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1627-1633.
- Kim SS, Ha JH, Jeong MH, Ahn JH, Yoon WB, Park SJ, Seong DH, Lee HY. 2009. Comparison of biological activities of fermented *Codonopsis lanceolata* and fresh *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Med. Crop Sci. 17: 280-285.
- Kim SS, Jeong MH, Seo YC, Kim JS, Kim NS, Woon WB, Ahn

- JH, Hwang B, Park DS, Park SJ, Lee HY. 2010. Comparison of antioxidant activities by high pressure extraction of *Codonopsis lanceolata* from different production areas. Korean J. Med. Crop Sci. 18: 248-254
- Kim SY, Kim HS, Kim SH, Kim HS, Kim IS, Chung SY. 1993. Effects of the feeding *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata* on the fatty acid composition of serum and liver in rats. J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 524-530.
- Lee KT, Choi J, Jung WT, Nam JH, Park HJ. 2002. Structure of a new echinocystic acid bisdesmoside isolated from *Codonopsis lanceolata* roots and the cytotoxic activity of prosapogenins. J. Agr. Food. Chem. 50: 4190-4193.
- Maeng YS, Park HK. 1991. Antioxidant activity of ethanol extract from dedok (*Codonopsis lanceolata*). J. Korean Food Sci. Technol. 23: 311-316.
- Oey I, Lille M, Loey A, Hendricks M. 2008. Effect of high pressure processing on colour, texture and flavor of fruit and vegetable-based food products: a review. Trends Food Sci. Tech. 19: 320-328.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Japanese J. Nutr. 44: 307-315.
- Park JW, Lee YJ, Yoon S. 2007. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. Korean J. Food Cult. 22: 353-358.
- Prasad KN, Yang E, Yi C, Zhao M, Jiang Y. 2009. Effects of high pressure extraction on the extraction yield, total phenolic content and antioxidant activity of longan fruit pericarp. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 10: 155-159.
- Prasad KN, Yang B, Shi J, Yu C, Zhao M. 2010. Enhanced antioxidant and antityrosinase activities of longan of longan fruit pericarp by ultra-high-pressure-assisted extraction. J. Pharmaceut. Biomed. 51: 471-477.
- Shin CS, Lee DH, Kim SH, Shin MH, Jeong CH, Shim KH. 2010. Ginsenoside contents and antioxidative activities from red ginseng treated with high hydrostatic pressure. J. Agr. Life Sci. 44: 133-140.
- Uhm JT, Yoon WB. 2011. Effects of high pressure process on kinetics of leaching oil from soybean powder using hexane in batch systems. J. Food Sci. 76: 444-449.
- Vishwanathan KH, Singh V, Subramanian R. 2011. Influence of particle size on protein extract ability from soy bean and okara. J. Food Eng. 102: 240-246.
- Whang WK, Park KY, Chung SH, Oh IS, Kim IH. 1994. Flavonoids from *Codonopsis lanceolata* leaves. Korean J. Pharmacogn. 25: 204-208.
- Yen GC, Chen HY. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. J. Agric. Food Chem. 43: 27-32.
- Yim MH, Hong TG, Lee JH. 2006. Antioxidant and antimicrobial activity of fermentation and ethanol extracts of pine needles (*Pinus densiflora*). Food Sci. Biotechnol. 15: 582-588.
- Yoon WB. 2011. Effects of particle size and high pressure process on the extraction yield of oil compounds from soybean powder using hexane and supercritical fluid. Food Eng. Progr. 15: 203-208.