

돼지감자 부위별 메탄올 추출물의 항산화 및 항당뇨 활성

이 창 훈 · *이 연 리*

대전보건대학교 의무부사관과, *대전보건대학교 식품영양과

Antioxidative and Antidiabetic Activities of Methanol Extracts from Different Parts of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Chang Hun Lee and *Youn Ri Lee*

Dept. of Medical Non-Commissioned, Daejeon Health Sciences College, Daejeon 300-711, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Sciences College, Daejeon 300-711, Korea

Abstract

This study aimed to evaluate the efficacy of the antioxidative and antidiabetic activities of the flowers, leaves, and roots of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). The total polyphenol and flavonoid contents of the leaves were higher than those of the flowers and roots. However, the DPPH radical-scavenging and hydroxyl radical-scavenging activities of the flowers were higher than those of the leaves and roots. The nitrite-scavenging ability under acidic conditions was high in Jerusalem artichoke flower extracts. The α -glucosidase inhibitory activity and α -amylase inhibitory activity of a methanol extract of Jerusalem artichoke roots were about 60% (5 mg/mL concentration). Based on these experiments, it can be concluded that the flowers leaves, and roots of the Jerusalem artichoke can be used as natural preservatives. Therefore, they can be developed as functional foods, to take advantage of their antioxidant activity and abundant polyphenols. This study suggests that the whole Jerusalem artichoke, including roots, leaves, and flowers, is useful as a functional, nutritious food product.

Key words: Jerusalem artichoke, radical scavenging, α -glucosidase inhibition, α -amylase inhibition, nitrite scavenging

서 론

현대사회에 들어 서구화된 식습관, 환경오염, 스트레스 등으로 인하여 각종 만성퇴행성질환 발병률이 증가하였다. 특히 인체 내의 대사과정에서 생성된 활성산소에 의한 산화적 스트레스는 여러 가지 질병과 노화를 유발하는 원인으로 알려져 있다(Jang 등 2011). 이러한 질병을 유발시키는 위험요인인 체내 활성산소를 효과적으로 제거할 수 있는 방법 중의 하나는 천연 항산화제의 섭취이다(Lee 등 2004). 천연물의 미량 원소 중 폴리페놀성 화합물 항산화제가 질환의 예방 및 치료제로서 관심을 끌고 있으며, 부산물을 활용한 고부가가치의 기능성 소재로 사용될 수 있는 천연신소재 발굴이 주목

을 받고 있다.

돼지감자(*Helianthus tuberosus* L.)는 다년생 식물로 국화와 해바라기속에 속하고, 일명 ‘뽕판지’라고 불리며, 원산지가 북아메리카로 우리나라의 기후 조건에 맞아 전국 각지에서 자생한다(Jeon 등 2013). 돼지감자의 주요 성분은 fructose 분자들이 β -2,1결합으로 연결되어 있는 inulin이며, 인간의 위에서는 분해되지 않고 장내 미생물에 의하여 발효되어 배변기능 촉진에 효과가 있다. 또한, 분해되어도 혈당치를 급격하게 상승시키지 않고 열량이 낮아, 비만 개선 효과와 중성지방의 감소효과 등이 보고되었다(Carabin & Flamm 1999; Kim 등 2010). 또한 돼지감자의 덩이줄기는 예로부터 당뇨병과 류마티스의 치료를 위한 민간요법으로 사용되어 왔고, 변통을 순조롭게

* Corresponding author: Youn Ri Lee, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Sciences College, Daejeon 300-711, Korea.
Tel: +82-42-670-9246, Fax: +82-42-670-9246, E-mail: leeyounri@hit.ac.kr

하고 간으로부터 담즙의 분비를 촉진하며, 이노제, 건위제, 강장제 효과와 같은 다양한 약리활성을 가지는 것으로 알려져 있다(Yuan 등 2012).

돼지감자의 구근을 수확하기 위해서는 수확 전 어린잎을 솟아 주게 되는데, 이때 채취되는 어린잎을 민간에서는 데쳐서 쌈을 싸먹거나, 그대로 무쳐서 나물로 먹기도 하였으며, 물로 달여서 차처럼 음용하기도 한다.

최근에는 나물용 재료로 건조하거나 분말로 이용하며, 돼지감자 꽃은 차로 음용하는 등 활용범위가 증대되고 있으나(Kim 등 2013), 대부분은 폐기물로 버려지고 있어 폐자원 활용 측면에서도 의의를 찾을 수 있다(Hwang 등 2010)

현재까지 돼지감자에 관한 연구로는 괴근에 그 주제가 한정되어 왔으나, 최근 들어 돼지감자 잎의 간세포 보호효과(Kim 등 2010), 돼지감자 잎 분획물의 유용성분과 항산화 활성 등이 보고되고 있지만(Yuan 등 2012) 아직 미비한 실정이며, 이들을 유용하게 사용하기 위해서는 그 효능에 대한 과학적인 근거의 제시가 절실히 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 돼지감자의 꽃, 잎, 뿌리의 이용을 활성화시키고, 기능성 식품소재로의 가능성을 알아보기 위하여 돼지감자의 꽃, 잎, 뿌리에 대해 항산화 활성을 분석하여 돼지감자 부산물의 기능성 식품소재 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 돼지감자 꽃(분양번호: 018-035), 잎(분양번호: 018-036), 뿌리(분양번호: 018-037)는 2014년 한국식품추출은행에서 분양받아 실험에 사용하였다. 시료 추출은 메탄올을 넣고 상온에서 정치시킨 후 sonicator를 이용하여 추출하고, 여과해서 농축하여 DMSO(Dimethyl Sulfoxide) 용매에 녹여서 사용하였다.

본 실험에 사용한 Folin Ciocalteu reagent, gallic acid, catechin ascorbic acid, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), hydrogen peroxide, peroxidase, 2-deoxyribose, TCA(trichloroacetic acid) 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다.

2. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Dennis 방법(1912)을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 증류수 6.5 mL 및 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.5 mL를 첨가하고, 3분간 실온에서 방치한 후 Na_2CO_3 포화용액 1 mL와 탈이온수 1.5 mL를 첨가한 다음, 실온에서 1시간 방치한 후 720 nm에서 spectrophotometer (Bio-Tek Instruments Inc. Winooski VT, USA)를 측정하였다. Phenolic

compound의 함량은 gallic acid를 사용하여 작성된 표준곡선으로부터 계산하였다.

3. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Wong 등(2006)의 방법에 준하여 측정하였다. 시료액 1 mL에 90% diethylenglycol 10 mL와 1 N NaOH 1 mL를 가하여 37°C water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin을 표준 물질로 하여 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다

4. DPPH에 의한 전자공여능

DPPH에 의한 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Blois MS(1958)와 같은 방법으로 측정하였다. DPPH에 의한 전자공여능은 0.2 mM DPPH 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서 30분을 방치하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

5. Hydroxyl radical(OH·) 소거능

Hydroxyl radical 소거능은 다음과 같은 방법으로 측정하였다(Halliwell B 2009). 10 nM $\text{FeSO}_4 \cdot \text{EDTA}$ 200 μL , 10 mM 2-deoxyribose 200 μL , 0.1 M 인산완충액 1.39 mL에 시료 10 μL 를 넣고 200 μL 의 10 mM H_2O_2 용액으로 라디칼 생성을 유도하여 37°C에서 4시간 반응하였다. 2.8% trichloroacetic acid(TCA)로 반응을 정지시키고, 0.8% thiobarbituric acid (TBA) 용액을 첨가하여 10분간 끓여 발색한 뒤, 반응액을 냉각하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 아질산염 소거작용

Kato 등(1987)의 방법에 따라 1 mM NaNO_2 용액 1 mL에 시액 1 mL를 가하고, 0.1 N HCl과 0.2 M citrate buffer(pH 2.5)를 가하여 총 부피를 10 mL로 조정하였다. 다음에 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 mL를 취하여 2% 초산용액 3 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent 0.4 mL를 순차적으로 가한 후 실온에서 15분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

7. α -Glucosidase 저해 활성 측정

α -Glucosidase 저해 활성은 다음과 같은 방법에 따라 측정하였다(Tibbot & Skadsen 1996). α -Glucosidase(0.35 U/mL)와 p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside(1.5 mM, PNP)는 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0)에 용해하여 사용하였으며, 각각의 추출물 50 μL 를 0.35 unit/mL α -glucosidase 효소액 100 μL 와 혼합하여 37°C에서 10분간 전 배양한 후 1.5 mM PNP 50 μL 를

가하여 37°C에서 20분간 반응시켰다. 1 M Na₂CO₃ 1 mL를 가하여 반응을 정지시킨 후 ELISA(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 405 nm에서 흡광도를 측정하고, 저해율(%)을 계산하였으며, 양성대조군으로 acarbose(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다.

8. α-Amylase 저해 활성

α-Amylase 저해 활성은 다음과 같은 방법을 변형하여 측정하였다(Stirpe & Corte 1969). 시료추출물 125 μL에 12 unit/mL pancreatin 기원의 α-amylase 효소액 62.5 μL, 200 mM potassium phosphate buffer(pH 6.8) 62.5 μL와 혼합하여 37°C에서 10분간 전배양한 후 1% starch를 125 μL 가하여 37°C에서 5분간 반응시켰다. 반응액에 48 mM 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS, 30% sodium potassium tartrate in 0.5 M NaOH) 발색시약 125 μL를 넣고 100°C에서 15분간 끓여 발색을 시킨 후 충분히 냉각시키고, 이 반응액에 3배량의 증류수를 가한 후 ELISA Reader (UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하고, 저해율을 계산하였다.

9. 통계처리

실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균±표준오차로 나타내었고, 각 농도의 평균치의 통계적 유의성을 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 돼지감자 부위별 항산화 성분

돼지감자를 꽃, 잎, 뿌리로 나누어 분석한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 1과 같다. Phenolic hydroxyl기를 갖는 페놀성 화합물(phenolic compounds)은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물(secondary metabolites)로서 다양한

Table 1. Total phenolic and flavonoid contents of the methanol extracts from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Used part	Total phenolic content (mg GAE ³⁾ /extract g)	Total flavonoid content (mg CE ⁴⁾ /extract g)
Flower	32.80±0.80 ^{b1)2)}	15.64±0.15 ^b
Leaf	43.46±0.84 ^c	18.67±0.10 ^c
Root	24.53±0.51 ^a	11.65±0.11 ^a

¹⁾ Values represent mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾ a-c $p < 0.05$ of Duncans multiple range test.

³⁾ GAE: gallic acid equivalents, ⁴⁾ CE: catechin equivalents

구조와 분자량을 가진다(Osawa T 1994). 페놀성 화합물은 항산화능, 항암과 같은 다양한 생리활성을 가질 뿐만 아니라, 탄닌(tannins)처럼 고분자 페놀성 화합물은 단백질과 결합하기도 한다(Ferrerres 등 2009).

돼지감자 부위별 총 폴리페놀 함량의 범위는 잎에서 43.46 mg GAE/extract g, 꽃에서 32.80 mg GAE/extract g, 뿌리에서 24.53 mg GAE/extract g으로 유의적인 차이를 나타내었다. 흰민들레 열수 추출물의 총 폴리페놀 함량은 50.54 mg/g(Park 등 2015), 서양민들레꽃 49.31 mg/g(Han 등 2010), 진달래꽃 24.2 mg/g(Cho 등 2008)함량을 보고하였다. 향료성 약용식물인 라벤더 5.4 mg/g, 카모마일 7.5 mg/g, 제라늄 25.9 mg/g의 폴리페놀을 함유하는 것으로 나타났다(Miliauskas 등 2004).

돼지감자 부위별 총 플라보노이드 함량의 범위는 꽃에서 15.64 mg GAE/extract g, 잎에서 18.67mg GAE/extract g, 뿌리에서 11.65 mg GAE/extract g으로 유의적인 차이를 나타내었다. Lim 등(2008)이 보고한 포공영 열수 추출물의 총 플라보노이드 함량 7.80 mg/g으로 나타났으며, Heo & Wang(2008)이 보고한 토종 민들레 뿌리 부위 열수 추출물(6.55 mg/g)과 Han 등(2010)이 보고한 서양민들레 뿌리 부위 열수 추출물(1.19 mg/g)의 플라보노이드 함량이 나타나, 본 연구에 사용된 돼지감자 부위별 총 플라보노이드 함량이 높게 나타났다.

2. 돼지감자 부위별 항산화 활성평가

전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, free radical은 인체 내에서 각종 질병과 세포의 노화를 일으키므로 식물 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다. DPPH 라디칼은 추출물의 항산화 물질이 라디칼과 반응하여 짙은 보라색이 탈색되어 흡광도가 감소되는 원리를 이용하여 돼지감자 추출물의 전자공여능을 측정하였다(Kim 등 2001; Que 등 2006).

돼지감자 부위별 메탄올 추출물(1 mg/mL)의 DPPH 라디칼 소거능 활성은 꽃, 잎, 뿌리에서 각각 77.78%, 66.07%, 26.93%

Table 2. DPPH and hydroxyl radical scavenging activity of the methanol extracts from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Used part	DPPH radical scavenging activity (%)	Hydroxyl radical scavenging activity (%)
Flower	77.78±0.05 ^{b1)2)}	55.33±0.10 ^c
Leaf	66.07±0.19 ^c	38.30±0.36 ^b
Root	26.93±0.49 ^a	34.89±0.56 ^a

¹⁾ Values represent mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾ a-c $p < 0.05$ of Duncans multiple range test.

로 유의적인 차이를 나타내었다. Park 등(2015)의 연구에서 흰민들레 꽃, 잎 및 뿌리 열수추출물 1 mg/mL의 농도에서 각각 91.04%, 88.22%, 38.58%로 꽃 열수 추출물이 가장 높게 나타났다. 돼지감자 뿌리 추출물의 농도별 전자공여능은 다른 부위보다는 낮았으나, Kim 등(2004)이 보고한 뿌리류 약용작물인 등글레(5.4%), 감초(13.3%), 당귀(15.8%), 갈근(16.8%)보다 우수한 것으로 나타났다.

Hydroxyl radical은 DNA의 핵산과 결합함으로써 손상을 일으켜 발암성, 돌연변이 및 세포독성을 유발하게 되며, 지질과산화 과정에서 빠른 개시제로서 작용하게 되는데, hydroxyl radical 소거활성은 지질과산화 과정의 진행을 직접적으로 방해하거나, 활성화된 산소종을 소거함으로써 연쇄반응을 저해하기 때문이라고 보고되어 있다(Hochstein & Atallah 1988; Bloknina 등 2003). 돼지감자 부위별 메탄올 추출물(1 mg/mL)의 hydroxyl radical 활성은 꽃, 잎, 뿌리에서 각각 55.33%, 38.30%, 34.89%로 유의적인 차이를 나타내었다.

아질산염은 수산물이나 식육제품에 첨가하여 독소 생성 억제와 발색, 산패방지제로 널리 이용되지만, 그 자체가 독성을 나타내어 과량 섭취 시 혈액 중의 hemoglobin이 산화되어 methemoglobin을 형성하여 각종 중독을 일으키는 것으로 알려져 있으며, 아민류와 아질산염이 반응하면 발암물질인 nitrosamine을 생성하므로 아질산염 소거능은 항암작용을 간접적으로 알 수 있는 지표로 활용된다(Leaf 등 1987; Park 등 1995).

돼지감자 부위별 메탄올 추출물(1 mg/mL)의 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 양성 대조군인 ascorbic acid(76.0%, 1 mg/mL)에 비하여 전반적으로 낮은 저해활성을 나타내었으나, 돼지감자 메탄올 추출물의 농도가 증가함에 따라 그 활성 역시 유의적으로 증가하는 경향으로 볼 때 돼지감자 관련 소재 활용도가 높을 것으로 판단된다. Song 등(2000)은 자몽, 레몬, 금귤, 밀감 및 오렌지주스를 이용하여 pH 2.5의 반응용액에서 50% 이상의 아질산염 소거능을 보였으며, pH 4.2의 반응용액에서 5 mL의 오렌지주스 첨가 시에는 86.1%

의 아질산염 소거능을 나타내었는데, 이는 시료에 존재하는 ascorbic acid, 페놀화합물의 작용이라고 보고하였다.

따라서 돼지감자 각 부위의 항산화 활성평가는 자유 라디칼에 수소 공여를 통해 체내에서 발생하는 활성산소종을 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 사료되며, 돼지감자 각 부위별 추출물을 섭취하거나, 기능성 식품을 개발하는 데 사용된다면 항산화 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 돼지감자의 부위별 항당뇨 활성 평가

당뇨병 환자의 경우, 급격히 상승하는 과도한 혈당 및 고혈당증이 지속됨에 따라 발생하는 활성산소(reactive oxygen species; ROS)들로 인해 당뇨병의 복합증세인 신경장애, 신장해, 그리고 망막증 등과 같은 질병이 발생하게 된다(Gordon & Derek 2005). 따라서 효율적인 당뇨병의 관리를 위해서는 α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성과 활성산소를 제거할 수 있는 항산화 활성을 갖는 소재가 필요하다.

α -Glucosidase는 소장 점막 내 미세용모막에 있는 효소로서 다당류의 탄수화물을 단당류로 분해하는 탄수화물의 소화와 흡수작용에 관여하는 효소이다. 전분은 먼저 올리고당으로 분해가 된 후 α -glucosidase에 의해 포도당으로 분해되는데, α -glucosidase 억제제는 소장 점막에서 α -glucosidase의 효소활성을 저해함으로써 올리고당이 포도당으로 분해되어 흡수되는 것을 방해하여 포도당의 흡수를 지연시켜 식후 혈당을 조절한다(Gordon & Derek 2005; Kim 등 2011).

Table 4는 돼지감자 부위별 메탄올 추출물(5 mg/mL)의 α -glucosidase 저해활성은 꽃, 잎, 뿌리에서 각각 41.08%, 55.67%, 60.76%로 유의적인 차이를 나타내었다.

α -Amylase는 탄수화물의 α -D-1,4-glucan 결합을 분해하는 효소로서 식품의 탄수화물은 α -amylase에 의해 흡수되기 쉬운 형태의 당으로 분해되어 쓰이기 때문에, 사람, 미생물, 동물 등의 탄수화물 대사에 필수적인 효소이다(Lee 등 2008). α -Amylase 저해제는 소장에서 전분의 소화를 저해하여 포도

Table 3. Nitrite scavenging activity of the methanol extracts from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Used part	Nitrite scavenging activity (%)		
	1 mg/mL	5 mg/mL	10 mg/mL
Flower	35.0±0.60 ^{b(12)}	48.3±0.95 ^c	59.7±0.96 ^b
Leaf	20.0±0.28 ^a	29.3±0.80 ^b	36.8±1.15 ^a
Root	19.7±0.20 ^a	24.3±0.95 ^a	35.7±0.26 ^a
Ascorbic acid	76.0±0.63 ³⁾		

¹⁾ Values represent mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾ a-c $p < 0.05$ of Duncans multiple range test.

³⁾ The concentrations of ascorbic acid was measured at 1 mg/mL.

Table 4. α -Glucosidase and α -amylase inhibition activity of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Used part	α -Glucosidase inhibition activity (%)	α -Amylase inhibition activity (%)
Flower	41.08±0.5 ^{a(12)}	49.95±0.65 ^a
Leaf	55.67±0.32 ^b	59.88±0.23 ^b
Root	60.76±0.09 ^c	66.25±0.32 ^c
Acarbose	95.12±0.12 ³⁾	

¹⁾ Values represent mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾ a-c $p < 0.05$ of Duncans multiple range test.

³⁾ α -Glucosidase and α -amylase inhibition activity of each Jerusalem artichoke extracts and acarbose was measured at 5 mg/mL.

당의 흡수를 지연시킴으로써 혈당을 조절 또는 완만하게 상승하게 하는 장점이 있다(Oh 등 2008).

돼지감자 부위별 메탄올 추출물(5 mg/mL)의 α -amylase 저해활성은 꽃, 잎, 뿌리에서 각각 49.95%, 59.88%, 66.25%로 유의적인 차이를 나타내었다(Table 4).

본 실험결과에서 항산화 활성평가는 항산화성 물질에 기인하는 것으로 보이나, 항당뇨 활성은 돼지감자의 부위 중 뿌리부위에 저해활성이 나타나, 이 부분에 대한 추가적인 실험 등이 필요하다고 생각이 되며, 향후 새로운 의약품 개발 및 성인병 예방의 건강기능식품으로 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구에서는 돼지감자 꽃, 잎, 뿌리가 가진 기능성 식품 소재로서의 활용도를 높이고자 다양한 생리활성을 평가하였다. 돼지감자 꽃, 잎, 뿌리의 폴리페놀 함량은 32.80 mg GAE/extract g, 43.46 mg GAE/extract g, 24.53 mg GAE/extract g으로 나타났으며, 플라보노이드 함량은 각각 15.64, 18.67, 11.65 mg GAE/extract g으로 나타났다. 돼지감자 꽃, 잎, 뿌리의 메탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 활성은 각각 77.78%, 66.07%, 26.93%로 나타났으며, hydroxyl radical 소거능 활성은 각각 55.33%, 38.30%, 34.89%로 나타났다. 돼지감자 꽃, 잎, 뿌리 메탄올 추출물의 아질산염 소거능을 측정된 결과, 돼지감자 추출물의 농도가 증가함에 따라 그 활성 역시 증가하는 경향으로 나타났다. 돼지감자 부위별 메탄올 추출물(5 mg/mL)의 α -glucosidase 저해활성은 꽃, 잎, 뿌리에서 각각 41.08%, 55.67%, 60.76%로 유의적인 차이를 나타냈으며, α -amylase 저해활성은 꽃, 잎, 뿌리에서 각각 49.95%, 59.88%, 66.25%로 유의적인 차이를 나타내었다.

References

- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26:1199-1203
- Bloknina O, Virolainen E, Fagerstedt KV. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Ann Bot* 91:179-194
- Carabin IG, Flamm WG. 1999. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. *Regul Toxicol Pharmacol* 30: 268-282
- Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MY, Kwon OJ. 2008. Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:276-281
- Ferreres F, Gomes D, Valentao P, Goncalves R, Pio R, Chagas EA, Seabra RM, Andrade PB. 2009. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars: Variation of phenolics and antioxidative potential. *Food Chem* 114:1019-1027
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as colour reagents. *J Biol Chem* 12:239-249
- Gordon JM, Derek S. 2005. The inhibitory effects of berry polyphenols on digestive enzymes. *BioFactors* 23:189-195
- Halliwell B. 2009. The wanderings of a free radical. *Free Rad Biol Med* 46:531-542
- Han EK, Lee JY, Jung EJ, Jin YX, Chung CK. 2010. Antioxidative activities of water extracts from different parts of *Taraxacum officinale*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1580-1586
- Heo SI, Wang MH. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity effect of extracts from *Taraxacum mongolicum* H. *Kor J Pharmacogn* 39:255-259
- Hochstein P, Atallah AS. 1988. The nature of oxidant and antioxidant systems in the inhibition of mutation and cancer. *Mutation Res* 202:363-375
- Hwang IT, Hwang JS, Lim HK, Park NJ. 2010. Biorefinery based on weeds and agricultural residues. *Kor J Weed Sci* 30:340-360
- Jang JR, Hwang SY, Lim SY. 2011. Inhibitory effect of extracts of *Platycodon grandiflorum* (the balloon flower) on oxidation and nitric oxide production. *Korean J Food Preserv* 18:65-71
- Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS. 2013. Antioxidant activities of processed *deoduck* (*Codonopsis lanceolata*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:924-932
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51:1333-1338
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36:333-338
- Kim HY, Lim SH, Park YH, Ham HJ, Lee KJ, Park DS, Kim KH, Kim S. 2011. Screening of α -amylase, α -glucosidase and lipase inhibitory activity with Gangwon-do wild plants extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:308-315
- Kim JL, Bae CR, Cha YS. 2010. *Helianthus tuberosus* extract has antidiabetes effects in HIT-T15 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:31-35
- Kim JW, Kim JK, Song IS, Kwon ES, Youn KS. 2013. Com-

- parison of antioxidant and physiological properties of Jerusalem artichoke leaves with different extraction processes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:68-75
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632
- Leaf CD, Vecchio AJ, Roe DA, Hotchkiss JH. 1987. Influence of ascorbic acid dose on N-nitrosoproline formation in humans. *Carcinogenesis* 8:791-795
- Lee BB, Park SR, Han CS, Han D, Park EJ, Park HR, Lee SC. 2008. Antioxidant activity and inhibition activity against α -amylase and α -glucosidase of *Viola mandshurica* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:405-409
- Lee SJ, Lee KI, Rhee SH, Park KY. 2004. Physiological activity in *Doenjang* added with various mushroom. *Korean J Food Cookery Sci* 20:365-370
- Lim AK, Kim JO, Jung MJ, Jung HK, Hong JH, Kim DI. 2008. Functional biological activity of hot water and ethanol extracts from *Taraxaci Herba*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1231-1237
- Miliauskas G, Venskutonis PR, van Been TA. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plants extracts. *Food Chem* 85:231-237
- Oh SJ, Hong SS, Kim YH, Koh SC. 2008. Screening of biological activities in fern plants native to Jeju island. *Korean J Plant Res* 21:12-18
- Osawa T. 1994. Novel natural antioxidants for utilization in food and biological systems. In Post Harvest Biochemistry of Plant Food-Materials in the Tropics
- Park MS, So JS, Bahk GH. 2015. Antioxidative and anticancer activities of water extracts from different parts of *Taraxacum coreanum* Nakai cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1234-1240
- Park WM, Kim GH, Hyeon JW. 1995. New synthetic medium for growth of mycelium of *Pleurotus* species. *Korean J Mycol* 23:275-283
- Que F, Mao L, Zhu C, Xie G. 2006. Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate and volatiles. *LWT - Food Sci Technol* 39:111-117
- Song MH, Shin JH, Sung NJ. 2000. The effect of citrus juice on nitrite scavenging and NDMA formation. *J Inst Agric & Fishery Develop Gyeongsang Nat'l Univ* 19:7-14
- Stirpe F, Corte ED. 1969. The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J Biol Chem* 244:3855-3863
- Tibbot BK, Skadsen RW. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol* 30:229-241
- Wong SP, Leong LP, Koh JH. 2006. Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food Chem* 99:775-783
- Yuan X, Gao M, Xiao H, Tan C, Du Y. 2012. Free radical scavenging activities and bioactive substances of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) leaves. *Food Chem* 133:10-14

Received 19 January, 2016

Revised 1 February, 2016

Accepted 26 February, 2016