Culinary Science & Hospitality Research. 2016;22(8):27-38.
ISSN 2466-0752 (Print) · ISSN 2466-1023 (Online)
DOI: 10.20878/cshr.2016.22.8.27

벌나무 잎의 영양성분 및 이화학 특성

박성진[1)] · 신언환[2)] · 김동호[3)] · 나영아[4)¶]
한림성심대학교 관광외식조리과/한림성심대학교 생물소재연구소[1)] · 울산과학대학교 호텔외식조리과[2)] · 혜전대학교 제과제빵과[3)] · 을지대학교 식품산업외식학과[4)¶]

Nutrition Components and Physicochemical Properties of *Acer termentosum* Maxim. Leaf

Sung Jin Park[1)] · Eon Hwan Shin[2)] · Dong Ho Kim[3)] · Young-Ah Rha[4)¶]
Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym Polytechnic University,
Research Institute of Biomaterial, Hallym Polytechnic University[1)]
Dept. of Hotel Service & Culinary Arts, Ulsan College[2)]
Dept. of Baking Technology, Hyejeon College[3)]
Dept. of Food Technology and Service, Eulji Univrsity[4)¶]

Abstract

This study examined the nutrient components and physicochemical properties of *Acer termentosum* Maxim. leaf as a natural health food source. To accomplish this purpose, the general and antioxidative contents of *Acer termentosum* Maxim leaf were measured. Total contents of carbohydrates, crude protein, crude lipid, and ash were 53.6%, 24.3%, 3.5%, and 3.5%, respectively. Caloric content of *Acer termentosum* Maxim was 246.5 kcal, while total dietary fiber was 46.7%. Regarding mineral contents, K was the most abundant mineral, followed by Ca, Mg, and P. Therefore, *Acer termentosum* Maxim is an alkali material. Total phenol contents of the 70% ethanolic extracts of *Acer termentosum Maxim* was 116.35±1.4 mg GAE/g. Total flavonoid contents of the 70% ethanolic extracts were 20.3±1.23 mg RE/g. The antioxidative activities of *Acer termentosum* Maxim. were significantly increased in a dose dependent manner on DPPH(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging, ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) radical scavenging, FRAP (ferric reducing antioxidant power) activity, reducing power. It is expected that follow up study of *Acer termentosum* Maxim through developing processed food and evaluation of their functional properties would provide useful information as a source of functional foods.

Key words: *Acer termentosum* Maxim. leaf, nutrients, antioxidant activity, total phenolics, health food

Ⅰ. 서 론

경제의 급속한 발달로 우리의 생활은 예전에 비해 풍요로워졌지만, 환경의 오염, 생활의 스트레스, 운동량 부족, 식습관의 변화로 인한 영양 불균형 등의 이유로 생활 습관병을 포함한 각종 만성질환이 급속히 늘어나고 있으며(Han, 2001), 패스트푸드의 섭취 증가에 따른 대사증후군을 유발하는 주요 원인으로 대사증후군을 예방하고자 하는 노력이 되고 있으며, 천연 항산화 식품에 대한 관심이 높아지고 있다. 체내에서 생성되는 활성산소종은 세포내 항산화 효소에 의해 조절되거나, 식품

¶ 교신저자 : 나영아, yana@eulji.ac.kr, 경기도 성남시 수정구 성남대로 553, 을지대학교 식품산업외식학과

으로부터 서부치되는 항산화성에 의해 소거되는 것으로 알려져 있다(Bashan et al., 2009). 또한, 인간 수명의 증가와 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 노화억제와 건강 유지를 위한 기능성 생리활성 물질에 대한 연구가 진행되고 있다(Goldberg, 1994). 주로 사용되고 있는 *tert*-butylhydroxyanisol(BHA) 및 *tert*-butylhydroxytoluene(BHT)과 같은 합성 항산화제는 우수한 항산화효과 및 경제성에도 안전성의 문제로 사용의 제한이 있으며, 이들 합성 항산화제를 대체할 수 있는 천연 항산화제에 대한 개발이 요구되어지고 있다(Bae et al., 2001). 무엇을 어떻게 먹을 것인지에 대한 관심이 증대되면서 건강기능성식품, 영양보충용 및 식사대용식품 등의 특수영양식품과 다양한 형태의 먹거리가 소개되어 있으며, 최근에는 건강기능식품의 개발에 많은 관심이 집중되면서(Park & Han, 2003), 특히 식물자원들의 성분과 기능에 관한 과학적인 연구가 활발히 진행되고 있다(Choi et al., 2001; Cha et al., 2002; Kim et al., 2002). 최근에는 식품이 갖는 주요 기능 중 생리조절 기능이나 항상성 유지에 관여하는 기능 등에 대한 연구가 진행되면서(Kim, 2002: Yang & Jin, 2013), 이러한 기능을 갖는 식품은 건강증진, 질병의 예방이나 노화억제 등 인간의 건강을 증진하는데 중요한 역할을 한다고 판단하여 이런 성분들을 많이 함유하고 있는 식물자원에 관한 연구가 활발하며, 우리나라에도 민간요법이나 한방에서 효능이 입증된 육상생물을 이용한 천연 항산화제 연구를 위주로 수행되고 있다(Seo et al., 2003; Park et al., 2016; Rha et al., 2014).

벌나무(*Acer tegmentosum* Maxim.)는 단풍나무과에 속하며, 국내의 고산지대에 분포하고 있으며, 산겨릅나무, 산저릅나무, 봉목, 산청목으로 불린다. 벌나무는 민간에서 간질환 치료에 효과가 있으며, 특히 간에 쌓인 독을 해독하여 간세포를 살리는 효능이 있고, 이뇨작용 또한 강하여 신장염 치료에도 효과가 있다고 알려져 왔다(Hong et al., 2007). 또한, 벌나무에는 (+)-catechin 등의 페놀성 화합물, methyl gallate 4-O-β-D-glucopyranoside, β-sitosterol 등의 페놀성 글루코사이드 및 이소프렌계 화합물이 분리되었고(Hur et al., 2007), 암세포 성장저해 효과, 항산화 활성이 있으며, 벌나무 주정추출물은 CCl_4, d(+)-galactosamine, DL- ethionine으로 유발한 간 손상에 대한 억제 활성과 벌나무 부탄올분획물이 lipopolysaccharide로 유도된 급성 간 손상에 대한 보호효과 등이 있음이 보고되기도 하였다(Kwon et al., 2008; Shin et al., 2006).

따라서 본 연구에서는 벌나무 잎의 식품학적 기초자료를 제공하고자 일반성분, 무기질 조성, 유리당 조성 등을 분석하였다. 또한, 체내에서 생리활성 효능을 발휘할 수 있는 기능성 물질의 함량을 분석하여 향후 벌나무의 유효성을 평가하는데 기초 자료로 삼고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 벌나무 잎은 강원도 화천소재 산인효소초에서 제공받아 즉시 세척하여 65℃의 건조기에서 건조한 후, 분쇄기(IKA M20, IKA, Staufen, Germany)로 분쇄하였고, 영양성분의 시료로 사용하였다. 또한, 삼각플라스크에 준비된 시료에 70% 에탄올을 가해서 4시간 환류추출하고, 추출액을 면포로 여과한 후 감압농축(CCA-1100, Eyela, Tokyo, Japan)하여 −70℃에서 급속동결건조(PVTFA 10AT, ILSIN, Korea) 과정을 거쳐 분말상태로 준비하여 각종 생리활성 물질 함량분석 실험에 사용하였으며, 추출한 시료의 수율은 13.0%였다.

2. 시료의 일반성분 분석

시료의 일반성분은 AOAC의 표준분석법(AOAC, 2000)에 의하여 분석하였다. 즉, 수분 함량은 105℃ 상압건조법, 회분 함량은 550℃에서 직접회화법을 이용하여 분석하였다. 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 법을 이용한 단백질 자동분석기(Kjeltec

protein analyzer, Tecator Co., Sweden)로, 조지방 함량은 Soxhlet 법을 이용하여 분석하였다. 총 당질 함량은 위의 측정치를 합한 값을 100에서 뺀 값으로 하였다. 또한, 총 식이섬유(total dietary fiber, TDF) 함량은 효소중량법(enzymatic-gravimetric method)으로 분석하였다. 즉, 건조분말시료를 heat stable termamyl α-amylase로 액화시킨 다음, protease와 amyloglucosidase를 차례로 반응시켜 단백질과 전분을 가수분해시키고, 용액 중의 수용성 식이섬유를 에탄올로 침전시켰다. 미리 항량을 구해 놓은 crucible에 이 용액을 감압 여과한 다음, 잔사를 에탄올과 아세톤으로 세척, 건조한 후 건조잔사 중의 단백질과 회분의 양을 제외한 건조 전, 후의 무게차로 총 식이섬유의 함량을 구하였다.

3. 무기질 조성 분석

무기질(Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn) 함량은 유도결합 플라즈마 원자방출 분광법을 이용하여 측정하였다. 벌나무 잎에 함유된 무기질의 전처리 방법은 건식법(AOAC 1995)으로 하였다. 즉, 벌나무 분말시료 약 2 g을 도가니에 넣고 전열기에서 예비 가열시킨 후, 550℃ 전기 회화로에서 6시간 회화한 다음 방냉 하였다. 여기에 탈이온수 10방울을 가하고, 묽은 질산(1:1 HNO_3) 4 mL를 넣은 다음 다시 전열기(120℃)에서 수분을 제거시키고, 550℃ 전기 회화로에서 1시간 회화·방냉하였다. 여기에 묽은 염산(1:1 HCl) 10 mL를 첨가한 다음, 이를 50 mL 정용플라스크로 옮겨 탈이온수로 정용, 여과하여 유도결합프라즈마 원자방출 분광법(ICP-AES, Inductively Coupled Plasma Atomic Emisson Spectrophotometer, Jobin Yvon JY138 Ultrace, France)으로 분석하였다. 각 원소의 표준용액은 0, 1, 10 ppm의 3 수준의 농도로 조제하여 표준검량곡선을 작성하였으며, 이때 ICP-AES의 작동조건은 power:1.0 kW for aqueous, nebulizer pressure: 3.5 bar for meingard type c, aerosol flow rate: 0.3 L/min, shealth gas flow: 0.3 L/min, cooling gas: 12 L/min이었다. 각 무기질의 검출 파장은 Ca: 393.366, Mg: 279.553, Mn: 257.610, Na: 588.995, K: 766.491, Fe: 238.204, P: 213.618, Cu: 324.754 및 Zn: 213.856 nm이었다.

4. 유리당 분석

벌나무 잎 1 g과 80% 에탄올 40 mL를 혼합한 후, 80℃의 shaking incubator에서 100 rpm의 속도로 회전시키면서 유리당을 추출하였고, 이를 여과한 후 10,000 ×g에서 20분 동안 원심분리하고, 상등액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. Carbohydrate column(4.6×250 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, acetonitril : water(80:20, v/v) 용액을 1.2 mL/min의 속도로 40℃에서 RI detector를 사용하여 분석하였다.

5. 총페놀 및 총플라보노이드 함량 분석

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent가 시료의 페놀성 화합물에 의해 몰리브덴 청색으로 환원되는 원리로 측정하였다(Duval & Shetty, 2001). 각 시료 1 mL에 10% Folin-ciocalteu's phenol regent 1 mL 및 2% Na_2CO_3 용액을 1 mL를 첨가하여 혼합한 후 상온에서 1시간 동안 방치하였다. 그리고 상등액을 microplate reader(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 이용하였으며, 표준 검량 곡선($y=16.785x-0.0343$, $R^2=0.9992$)으로부터 총 페놀 함량을 계산하였다. 총 플라보노이드는 Moreno MIN 등(2000)의 방법에 변형하여 비색 정량하였다. 각 시료 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고, 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Rutin(Sigma Co., USA)를 표준물질로 하여 0~100 μg/mL의 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선($y=3.0124x-0.052$, $R^2=0.9983$)으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

6. DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능 측정은 Stagos 등(2012)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.2 mL에 에탄올로 용해한 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL를 첨가하여 혼합한 후 상온에서 10분간 반응하였다. 그리고 microplate reader를 사용하여 490 nm에서 흡광도 값을 측정한 후, 다음 식을 이용하여 결과 값을 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity (%) =

$$\left(1-\frac{A_{Experiment}}{A_{Control}}\right)\times 100$$

7. ABTS Radical 소거능 측정

ABTS radical 소거능은 Custodio 등(2012)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulphate를 혼합한 후, 암소에서 16시간 방치하여 양이온 ABTS+을 형성시켰다. 다음 734 nm에서 흡광도의 값이 1.7 이하가 되도록 보정하여 ABTS 용액을 제조하였다. 농도별로 희석된 시료를 10 μL씩 1.5 mL tube에 취하고, ABTS 용액 1 mL를 첨가하여 30분 동안 반응시킨 다음, microplate reader를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 다음 식에 의하여 값을 백분율로 나타내었다.

ABTS radical scavenging activity (%) =

$$\left(1-\frac{A_{Experiment}}{A_{Control}}\right)\times 100$$

8. Ferric ion Reducing Antioxidant Power(FRAP) 측정

FRAP은 Biglari 등(2008)의 방법을 변형하여 측정하였다. 0.3 M sodium acetate buffer(pH 3.6), 10 mM TPTZ 및 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$를 제조하여 실험직전에 10:1:1의 비율로 혼합하여 FRAP 용액을 제조하였다. 다음 FRAP 용액 1.5 mL에 시료 50 μL, 증류수 150 μL를 첨가한 후 37℃에서 4분간 반응시킨 후, microplate reader를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

9. Reducing Power

Reducing power는 Jayaprakasha 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 및 1% potassium ferricyanide를 각각 2.5 mL씩 첨가하여 혼합한 후 50℃에서 20분간 반응시켰다. 다음 10% TCA 용액 2.5 mL를 첨가하여 1,790 Xg에서 10분간 원심분리 후 상등액 2.5 mL를 취하여 증류수 2.5 mL와 ferric chloride 0.5 mL를 첨가하여 혼합한 후, microplate reader를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

10. 통계분석

실험 결과는 SPSS package program(version 12.0)을 이용하여 평균±표준오차로 나타내었으며, 각 군의 평균치간의 차이에 대한 유의성은 one-way ANOVA 분석을 수행하였고, 평균값의 통계적 유의성은 $p<0.05$ 수준에서 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 일반성분 및 식이섬유소 함량

본 연구에서 분석된 벌나무 잎의 일반성분과 식이섬유소 함량을 <Table 1>에 정리하였다. 벌나무 잎 100 g(dry weight basis)중에는 수분 12.0%, 탄수화물 53.6%, 조단백 24.3%, 조지방 3.5%, 조회분 3.5%가 함유되어 있었으며, 총 식이섬유의 함량은 46.7%로 나타났다. 이러한 결과는 다른 산나물과 유사한 영양성분을 갖고 있었으며(Surh et al., 2009), 따라서 벌나무 잎의 주된 성분은 대부분의 식물체의 구성성분인 탄수화물과 단백질로 구성되어 있었고, 일반성분 중에서 조지방 함량이 가장 낮은 것으로 나타났으며, 그 중 식이섬유의 함량이 높게 나타났다. 식이섬유는 주로 식물체나 종자 세포벽의 주성분으로써 세포벽에 존재하는 구조적 다당류와 구조적 비당류인 불용성 식이섬

<Table 1> **Proximate compositions of the *Acer tegmentosum* Maxim.**

Nutrients		*Acer tegmentosum* Maxim.
Calories (kcal/100 g)		246.5±1.1
General nutrients (%)	Moisture	12.0±0.2[1)]
	Carbohydrate	53.6±1.0
	Crude protein	24.3±0.1
	Crude fat	3.5±0.3
	Crude ash	6.6±0.1
Dietary fiber (%)		46.7±2.1 (9.25)

Values are mean±S.E. Values are mean of triplicates.
[1)] Percentages of wet weight basis.

유와 세포막 또는 세포벽과 세포막 사이의 중층에 존재하는 수용성 식이섬유로 구성되어 있으며, 추후 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유의 조성 연구를 통해 식품소재의 기능성에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

2. 무기질 함량

<Table 2>는 벌나무 잎의 무기질 함량을 분석한 결과이다. 칼륨이 약 2,234.5 mg으로 가장 함량이 높았으며, 그 다음이 칼슘(1,396.5 mg), 마그네슘(707.9 mg), 인(400.0 mg) 순이었다. 미량영양소인 철분, 망간, 구리 및 아연 함량도 각각 26.7 mg, 32.6 mg, 1.3 mg 및 5.4 mg 함유되어 있는 것으로 분석되었다. 특히, 칼륨은 에너지 대사, 세포막의 운반작용, 세포막 내외의 전압차 유지, 나트륨과 상호작용을 통한 신경계의 자극 정도, 골격근의 수축과 이완, 혈압의 유지, 산·알칼리의 평형유지 등 중요한 생리작용을 담당하고 있으며(Suter, 1998), 칼륨의 섭취는 고혈압의 예방과 치료에 효과적이라 보고되고 있다(Cappuccio & MacGregor, 1991; Jeon et al., 2005).

3. 유리당 함량

<Table 3>에는 벌나무 잎에서 분석된 glucose, fructose, lactose 및 sucrose의 함량을 정리하였다. 유리당은 fructose(3.6%), glucose(2.4%), sucrose

<Table 2> **The contents of minerals in the *Acer tegmentosum* Maxim.** (mg/100 g)

Mineral	*Acer tegmentosum* Maxim.
Ca	1,396.5±25.1
Mg	707.9±11.1
Na	9.6±2.1
K	2,234.5±10.4
P	400.0±23.1
Fe	26.7±1.4
Zn	5.4±1.7
Cu	1.3±3.4
Mn	32.6±2.7

Values are mean±S.E. Values are mean of triplicates.

<Table 3> **The contents of free sugar of the *Acer tegmentosum* Maxim.** (%)

Free sugar	*Acer tegmentosum* Maxim.
Glucose	2.4±0.2
Fructose	3.6±1.2
Lactose	ND[1)]
Sucrose	0.9±1.7

Values are mean±S.E. Values are mean of triplicates.
[1)] ND : Not detected.

(0.9%)를 나타내었으며, lactose는 함유되어 있지 않은 것으로 나타났다.

4. 총페놀 및 총플라보노이드 함량

식물성 식품에는 다양하고 많은 페놀성 분자들이 함유되어 있는데, 이러한 페놀성 분자들은 체내에서 항산화, 항비만 및 항염증 등과 같은 생리활성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Cho et al., 2007; Shin et al., 2006). 특히 페놀성 화합물에 존재하는 hydroxyl group은 ROS를 제거하는 역할과 동시에 ROS의 생성에 기여하는 금속이온을 흡착하는 특별한 구조를 가지기 때문에 높은 항산화 활성을 가지는 것으로 알려져 있다(Pietta. 2000; Heijnen et al., 2001). 벌나무 잎 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 <Table 4>와 같다. 즉, 총 페놀 함량은 116.35±1.4 mg/g, 총 플라보노이드 함량은 20.3±1.2 mg/g으로 나타내었다. Kim 등(2004)은 20여종의 약용식물류의 총 페놀과 플라보노이드 함량과 항산화 활성의 상관관계에서 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 많을수록 항산화 활성이 높다고 보고한 결과와는 유사한 결과를 나타내었다. 식물 기원의 시료에서 페놀 화합물은 그 함량은 많을수록 항산화 활성이 높으며(Duval & Shetty, 2001), 식물시료의 변색에 주된 영향을 미치는 인자로 알려져 있다(Choi & Lee, 1999). 플라보노이드류는 polyphenolic substance로서 화학구조에 따라 flavonols, flavones, catechins, isoflavones 등으로 분류되며, 물과 에탄올에 대한 용해도가 다르고, 이들의 구조적 차이에 따라 과산화지질 생성 억제 등의 생화학적 활성에 영향을 준다(Middleton & Kandaswami, 1994). 따라서 벌나무 잎 추출물이 비교적 높은 총 페놀 및 플라보노드 함량을 나타내어 항산화 효과가 있는 것으로 사료되며, 추후 항산화에 관련된 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

5. DPPH 라디칼 소거능

DPPH assay는 수소 공여체를 측정할 수 있는 방법으로 페놀성 화합물, 방향족 아민류 및 아스코르빈산 등에 의해 수소나 전자를 받아 환원되어 보라색이 탈색되는 원리를 이용한 방법으로 항산화 물질을 탐색하기 위해 많이 이용되며, 비교적 간단하고 짧은 시간 내에 항산화 활성을 측정할 수 있어 널리 사용되고 있다(Que et al., 2006). 벌나무 잎 추출물의 DPPH 소거능은 0.1, 0.5, 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 65.75, 91.57 및 91.49%로 확인되었다(Fig. 1).

<Table 4> Total phenol and flavonoid contents in 70% ethanol extracts from *Acer tegmentosum* Maxim.

Sample	*Acer tegmentosum* Maxim.
Phenol contents(GAE[1)] mg/g)	116.35±1.4
Flavonoid contents(RE[)] mg/g)	20.30±1.2

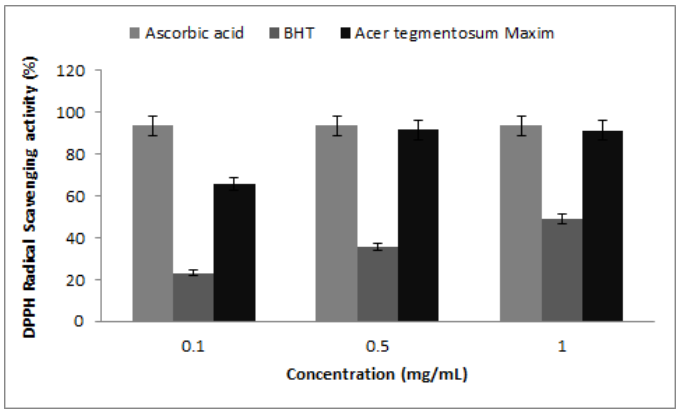
Values are mean±S.E. Values are mean of triplicates.
[1)] Gallic acid equivalent
[2)] Rutin equivalent

6. ABTS Radical 소거능

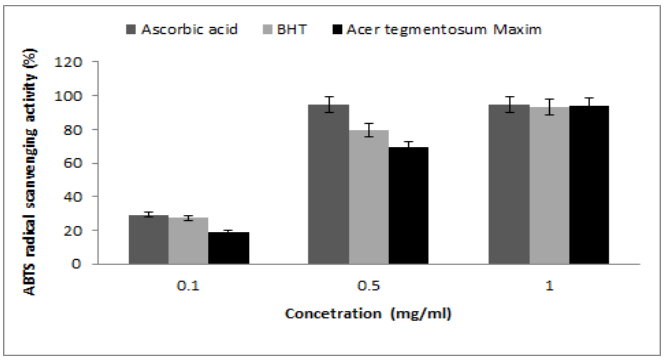
ABTS assay는 potassium persulfate와의 반응으로 생성된 peroxide radical 성격의 $ABTS^{\cdot+}$이 항산화성 물질에 의해 제거되면서 청록색이 탈색되어지는 것을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법이다. 앞에서의 DPPH assay의 경우, 유리라디칼이 소거되어지는 것을 이용하는 것인 반면, ABTS assay는 양이온 라디칼이 소거되어지는 것을 이용하는 방법이다(Que et al., 2006; Li et al., 2007). ABTS 소거능은 벌나무 잎 에탄올 추출물의 0.1, 0.5, 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 19.06, 69.27 및 93.84%로 확인되었다(Fig. 2).

7. FRAP

FRAP 방법은 비교적 최근에 개발되어진 항산화 활성 측정 방법으로 시료의 전자공여능을 측정하지 않고 산화 및 환원 반응을 측정방법으로 항산화 물질인 페놀성 화합물이 Fe^{3+}을 Fe^{2+}으로



<Fig. 1> **DHHP radical scavenging activity of 70% ethanol extracts obtained from *Acer tegmentosum* Maxim.** Ascorbic acid and BHT were used as a positive control for DPPH scavenging radical activity.

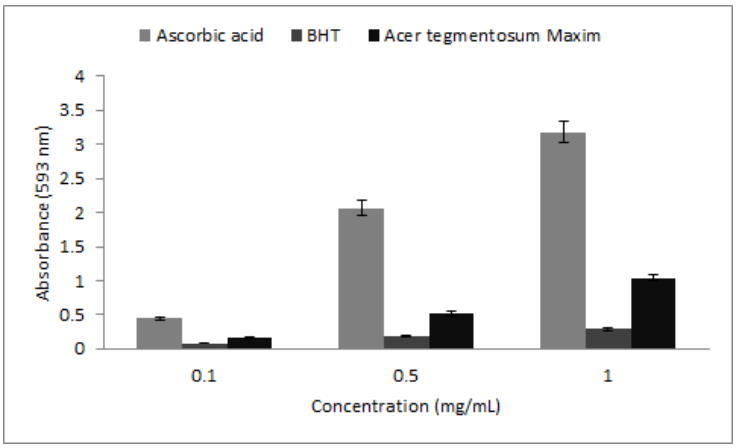


<Fig. 2> **ABTS radical scavenging activity of 70% ethanol extracts obtained from *Acer tegmentosum* Maxim.** Ascorbic acid and BHT were used as a positive control for ABTS scavenging radical activity.

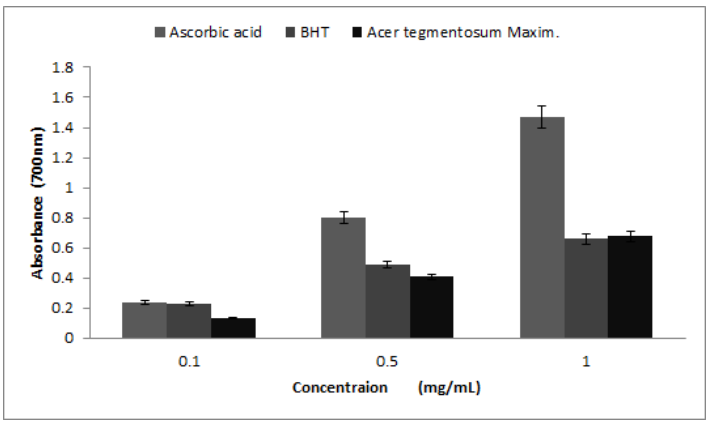
환원시키는 원리를 이용하였으며, 대부분의 항산화제가 환원력을 가지고 있다는 점에서 착안하여 만들어진 방법이다(Jeong et al., 1994). FRAP activity는 0.1, 0.5 및 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 0.16, 0.52 및 1.04의 값을 가지며, 농도별로 유의적으로 증가하는 것으로 나타나, 아스코르빈산보다는 벌나무 잎 추출물이 동일 농도(1.0 mg/mL)에서는 낮은 활성을 나타내었지만 BHT보다는 높은 활성을 나타내었다.

8. Reducing Power

환원력은 시료가 Fe^{3+}에 수소를 공여하여 라디칼을 안정화시킴으로써 Fe^{2+}로 환원되는 것을 이용한 방법으로, 앞에서 FRAP(ferric-reducing antioxidant potential) assay와 유사하다. 환원력을 평가한 700 nm의 값은 0.1, 0.5, 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 013, 0.40 및 0.67%로 농도 의존적으로 증가됨을 확인하였다(Fig. 4). 4가지의 항산화 측정 모델(DPPH, ABTS, FRAP, reducing power)을 통하여 벌나무 잎 추출물의 항산화 활성을 측정한 결과, 벌나무 잎 추출물은 동일 농도에서 양성대조군으로 사용된 BHT보다는 높은 항산화 활성을



<Fig. 3> FRAP activity of 70% ethanol extracts obtaind from *Acer tegmentosum* Maxim. Ascorbic acid and BHT were used as a positive control for FRAP activity.



<Fig. 4> Reducing power of 70% ethanol extracts obtaind from *Acer tegmentosum* Maxim. Ascorbic acid and BHT were used as a positive control for reducing power.

가진 것으로 생각된다. 이상의 항산화활성 측정에 의한 항산화 활성의 결과로부터 벌나무 잎 추출물은 항산화 활성을 보유하고 있어, 앞으로 벌나무 잎의 추출 조건에 따른 항산화 활성에 대한 면밀한 검토의 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구에서는 벌나무 잎의 성분 분석 및 항산화활성에 대한 기초자료를 제공하고자 벌나무 잎의 성분 및 영양성분 등의 이화학적 특성을 분석하였고, 항산화활성 효과를 알아보고자 실시하였으며, 결과는 다음과 같다.

벌나무 잎 100 g(dry weight basis) 중에는 수분 12.0%, 탄수화물 53.6%, 조단백 24.3%, 조지방 3.5%, 조회분 3.5%가 함유되어 있었으며, 총 식이섬유의 함량은 46.7%로 나타났다. 또한, 벌나무 잎 100 g의 총 열량은 246.5 kcal로 분석되었다. 칼륨이 약 2,234.5 mg으로 가장 함량이 높았으며, 그 다음이 칼슘(1,396.5 mg), 마그네슘(707.9 mg),

인(400.0 mg) 순이었다. 미량영양소인 철분, 망간, 구리 및 아연 함량도 각각 26.7 mg, 32.6 mg, 1.3 mg 및 5.4 mg 함유되어 있는 것으로 분석되었다. 특히, 칼륨은 에너지 대사, 세포막의 운반작용, 세포막 내외의 전압차 유지, 나트륨과 상호작용을 통한 신경계의 자극정도, 골격근의 수축과 이완, 혈압의 유지, 산·알칼리의 평형유지 등 중요한 생리작용을 담당하고 있으며, 칼륨의 섭취는 고혈압의 예방과 치료에 효과적이라 보고되고 있다. 벌나무 잎에서 분석된 유리당은 fructose(3.6%), glucose(2.4%), sucrose(0.9%)를 나타내었으며, lactose는 함유되어 있지 않은 것으로 나타났다. 벌나무 잎 추출물의 항산화 활성을 나타내는 총 페놀 함량은 116.35±1.4 mg/g, 총 플라보노이드 함량은 20.3±1.2 mg/g으로 나타났고, 벌나무 잎 추출물의 DPPH 소거능은 0.1, 0.5, 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 65.75, 91.57 및 91.49%를 나타내었으며, 각 농도별로 유의적으로 DPPH radical 소거능이 증가하는 것으로 나타났다. 벌나무 잎 추출물의 농도가 증가하면서 ABTS 소거능은 벌나무 잎 에탄올 추출물의 0.1, 0.5, 1.0 mg/mL의 농도에서 각각 19.06, 69.27 및 93.84%로 확인되었다. 벌나무 잎 추출물의 FRAP activity는 0.1, 0.5 및 1.0 mg/ mL의 농도에서 각각 0.16, 0.52 및 1.04의 값을 가지며, 농도별로 유의적으로 증가하는 것으로 나타나 아스코르빈산보다는 벌나무 잎 추출물이 동일 농도(1.0 mg/mL)에서는 낮은 활성을 나타내었지만, BHT보다는 높은 활성을 나타내었다. 벌나무 잎 추출물의 0.1, 0.5, 1.0 mg/mL의 농도에서의 환원력은 013, 0.40 및 0.67%의 값을 나타내 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이들의 결과로 비추어 볼 때, 벌나무 잎 추출물들에 함유된 총 페놀 및 총 플라보노이드의 조성 및 함량의 차이가 이들 추출물의 항산화 활성에 주요한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 벌나무 잎의 식품소재화 하는 연구는 산업적으로 많은 잠재력을 지닌 것으로 생각되어지며, 안전성 및 기능성 구명에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 생각된다.

한글초록

본 연구에서는 벌나무 잎의 영양성분 및 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 측정하고, 다양한 항산화 모델(DPPH radical scavenging, ABTS radical scavenging, FRAP activity, reducing power)을 통하여 항산화 활성을 측정하여 식품소재의 가능성을 타진하고자 실시되었다.

벌나무 잎 100 g(dry weight basis)중에는 수분 12.0%, 탄수화물 53.6%, 조단백 24.3%, 조지방 3.5 %, 조회분 3.5%가 함유되어 있었으며, 총 식이섬유의 함량은 46.7%, 총 열량은 246.5 kcal로 분석되었다. 무기질 함량은 칼륨(2,234.5 mg), 칼슘(1,396.5 mg), 마그네슘(707.9 mg), 인(400.0 mg)의 순으로 많은 함량을 나타내었으며, 미량영양소인 철분, 망간, 구리 및 아연 함량도 각각 26.7 mg, 32.6 mg, 1.3 mg 및 5.4 mg 함유되어 있는 것으로 분석되었다. 벌나무 잎에서 분석된 유리당은 fructose(3.6%), glucose(2.4%), sucrose(0.9%)를 나타내었으며, lactose는 함유되어 있지 않은 것으로 나타났다. 벌나무 잎 추출물의 항산화 활성을 나타내는 총 페놀 함량은 116.35±1.4 mg/g, 총 플라보노이드 함량은 20.3±1.2 mg/g으로 나타났으며, 다양한 항산화 평가 모델(DPPH, FRAP, 환원력, ABTS)을 통하여 벌나무 잎 추출물의 항산화 활성을 측정한 결과, 벌나무 잎 추출물의 농도가 증가함에 따라 항산화능이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이들의 결과로 비추어 볼 때, 벌나무 잎 추출물들에 함유된 총 페놀 및 총 플라보노이드의 조성 및 함량의 차이가 이들 추출물의 항산화 활성에 주요한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 벌나무 잎의 식품소재화 하는 연구는 산업적으로 많은 잠재력을 지닌 것으로 생각되어지며, 안전성 및 기능성 구명에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 생각된다.

주제어 : 벌나무 잎, 영양성분, 항산화 활성, 기능성 식품

REFERENCES

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis.* 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA.

AOAC. (1996). *Official Methods of Analysis.* 16th ed., Intl. Association of Official Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA, p. 71-73.

Bae, S. M., Kim, J. H., Cho, C. W., Jeong, T. J., Ha, J. U., & Lee, S. C. (2001). Effect of microwave treatment on the antioxidant activity of rice processed by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr, 30*(6), 1026-1032.

Bashan, N., Kovsan, J., Kachko, I., Ovadia, H., & Rudich, A. (2009). Positive and negative regulation of insulin signaling by reactive oxygen and nitrogen species. *Physiol Rev, 89*(1), 21-71.

Biglari, F., AlKarkhi, A. F., & Easa, A. M. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chem, 107*(4), 1636-1641.

Cappuccio, F. P., & MacGregor, G. A. (1991). Does potassium supplementation lower blood pressure? A meta-analysis of published trials. *J Hypertens, 9*(5), 465-473.

Cha, W. S., Kim, C. K., & Kim, J. S. (2002). On the development of functional health beverages using *Citrus reticulate*, *Ostrea glgas*. *Korean J Biotechnol Bioeng, 17*(5), 503-507.

Choi, M. S., Do, D. H., & Choi, D. J. (2002). The effect of mixing beverage with *Aralia continentalis* Kitagawa root on blood pressure and blood constituents of the diabetic and hypertensive elderly. *Korean J Food & Nutr, 15*(2), 165-172.

Cho, Y. J., Ju, I. S., Kim, B. C., Lee, W. S., Kim, M. J., Lee, B. G., An, B. J., Kim, J. H., & Kwon, O. J. (2007). Biological activity of *Omija* (*Schizandra chinensis* Baillon) extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem, 50*(3), 198-203.

Choi, K. S., & Lee, H. Y. (1999). Characteristics of useful components in the leaves of *Baechohyang* (*Agastache rugosa* O. Kuntze). *J Korean Soc Food Sci Nutr, 28*(2), 326-322.

Custodio, L., Ferreira, A. C., Pereira, H., Silvestre, L., Vizetto-Duarte, C., Barreira, L., & Varela, (2012). The marine halophytes *Carpobrotus edulis* L. and *Arthrocnemum macrostachyum* L. are potential sources of nutritionally important PUFAs and metabolites with antioxidant, metal chelating and anticholinesterase inhibitory activities. *J Bot Mar, 55*(3), 281-288.

Duval, B., & Shetty, K. (2001). The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed andise root extract. *J Food Biochem, 25*(5), 361-377.

Goldberg, I. (1994). *Functional Foods.* Chapman & Hall Press. New York. NY. USA. pp. 3-550.

Gutfinger, T. (1981). Polyphenols in olive oils. *JAOCS, 58*(11), 966-967.

Heijnen, C. G., Haenen, G. R., van Acker, F. A., van der Vijgh, W. J., & Bast, A. (2011). Flavonoids as peroxynitrite scavengers: The role of the hydroxyl groups. *Toxicol In Vitro, 15*(1), 3-6.

Han, S. M. (2001). Studies on the functional components and cooking aptitude for medicinal tea of *Chrysanthemum indicum* L. MS Thesis, Sejong University, Seoul, Korea.

Hur, J. M., Jun, M., Yang, E. J., Choi, S. H., Park, J. C., & Song, K. S. (2007). Isolation of isoprenoid compounds from the stems of *Acer tegmentosum* Max. *Kor J Pharmacogn, 38*(1), 67-70.

Jayaprakasha, G. K., Singh, R. P., & Sakariah, K.

K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models *in vitro*. *Food Chem* 73(3):285-290.

Jeong, J. W., Lee, Y. C., Jung, S. W., & Lee, K. M. (1994). Flavor components of citron juice as affected by the extraction method. *Korean J Food Sci Technol,* 26(6), 709-712.

Kim, E. Y., Baik, I. H., Kim, J. H., Kim, S. R., & Rhyu, M. R. (2004). Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol,* 36, 333-338.

Hong, B. K., Eom, S. H., Lee, C. O., Lee, J. W., Jeong, J. H., Kim, J. K., Cho, D. H., Yu, C. Y., Kwon, Y. S., & Kim, M. J. (2007). Biological activities and bioactive compounds in the extract of *Acer tegmentosum* Maxim. stem. *Korean J Medicinal Corp Sci,* 15(4), 296-303.

Kim, J. H., Park, J. H., Park, S. D., Choi, S. Y., Seong, J. H., & Moon, K. D. (2002). Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower seed. *Korean J Food Sci Technol,* 34(4), 617-624.

Kwon, H. N., Park, J. R., & Jeon, J. R. (2008). Antioxidative and hepatopretective effects of *Acer tegmentosum* M. extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr,* 37(11), 1389-1394.

Li, H., Choi, Y. M., Lee, J. S., Park, J. S., Yeon, K. S., & Han, C. D. (2007). Drying and antioxidant characteristics of the *shiitake*(*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. *J Korean Soc Food Sci Nutr,* 36(2), 250-254.

Middleton, E. J., & Kandaswami, C. (1994). Potential health promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol,* 48(11), 115-119.

Moreno, M. I. N., Isla, M. I. N., Sampietro, A. R., & Vattuone, M. A. (2000). Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentiana. *J Enthropharmacology,* 71(1-2), 109-114.

Pietta, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *J Nat Prod,* 63(7), 1035-1042.

Park, S. H., & Han, J. H. (2003). The effects of uncooked powdered food on nutrient intake, serum lipid level, dietary behavior and health index in healthy women. *J Nutr,* 36(1), 49-63.

Park, S. J., Lee, D. W., Park, S. H., & Rha, Y. A. (2016). Quality Characteristics of *Cirsium setidens.*

Park, S. J., Lee, D. W., Park, S. H., & Rha, Y.-A. (2016). Quality characteristics of *Cirsium setidens* Nakai by different drying method. *Culinary Science and Hospitality Research,* 22(2), 104-114.

Rha, Y. A., Choi, M. S., & Park, S. J. (2014). Antioxidant and anti-adipogenic effects of fermented *Rhus verniciflua*. *Culinary Science and Hospitality Research,* 20(3), 137-147.

Seo, M. W., Jeong, S. I., Shin, C. G., & Ju, Y. S. (2003). The morphological standard and isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Chrysanthemum indicum* L. *Korean J Herbology,* 18(1), 133-144.

Shin, D. B., Lee, D. W., Yang, R., & Kim, J. A. (2006). Antioxidative properties and flavonoids contents of matured *Citrus peel* extracts. *Food Sci Biotechnol,* 15(3), 357-362.

Shin, I. C., Sa, J. H., Shim, T. H., & Lee, J. H. (2006). The physical and chemical properties and cytotoxic effects of *Acer tegmentosum* Maxim. extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem,* 49 (4), 322-327.

Stagos, D., Portesis, N., Spanou, C., Mossialos, D., Aligiannis, N., Chaita, E., Panagoulis, C., Reri, E., Skaltsounis, L., Tsatsakis, A. M., & Kouretas, D. (2012). Correlation of total polyphenolic con-

tent with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic lamiaceae species. *Food Chem Toxicol,* 50(11), 4115-4124.

Surh, J. H., Kim, J. O., Kim, M. H., Lee, J. C., Lee, B. Y., Kim, M. Y., Yang, H. W., Yun, H. W., & Jeong, H. R. (2009). Nutritional properties, as food resource for menu development, of cubed snailfish, shaggy sea raven, and two kinds of wild vegetables that are staple products in Samcheok. *Korea J Food Cookery Sci,* 25(6), 690-702.

Suter, P. M. (1998). Potassium and hypertension. *Nutr Rev,* 56(5), 151-153.

Que, F., Mao, L., Zhu, C., & Xie, G. (2006). Antioxidant properties of Chineses yellow wine, its concentrate, and volatiles. *LWT-Food Sci Technol,* 39(2), 111-117.

Yang, S. E., & Jin, S. Y. (2013). Antioxidant activity and quality characteristics of *Jeonbyeong*.

Yang, S.-E., & Jin, S.-Y. (2013). Antioxidant activity and quality characteristics of Jeonbyeong added *Cedrela sinensis* powder. *Culinary Science and Hospitality Research,* 19(4), 279-290.

Waldron, K. W., Parr, A. J., Ng, A., & Ralph, J. (1996). Cell wall esterified phenolic dimers: Identification and quantification by reverse phase high performance liquid chromatography and diode array detection. *Phytochem Anal,* 7(6), 305-312.

2016년 10월 10일 접수
2016년 10월 19일 1차 논문수정
2016년 12월 08일 논문게재확정