

## 도토리 가루의 성분분석과 항산화능 평가

심태흠<sup>1</sup> · 김영선 · 사재훈<sup>1</sup> · 신인철<sup>1</sup> · 허성일 · 왕명현\*  
강원대학교 생명공학부, <sup>1</sup>강원도보건환경연구원 식의약품분석과

## Studies for Component Analysis and Antioxidative Evaluation in Acorn Powders

Tae-Heum Shim<sup>1</sup>, Ying-Shan Jin, Jae-Hoon Sa<sup>1</sup>, In-Cheol Shin<sup>1</sup>,  
Seong-Il Heo, and Myeong-Hyeon Wang\*

Division of Biotechnology, Kangwon National University  
<sup>1</sup>Gangwon Research Institute of Health and Environment

Chemical components and physiological activities of acorn powders were investigated to develop functional food. Proximate components were 87.29% crude fiber, 1.18% crude fat, 0.84% crude protein, and 0.12% crude ash. Potassium was most predominant mineral, followed by phosphorus, calcium, magnesium, and sodium. Contents of unsaturated fatty acids, such as oleic, linoleic, and linolenic acids, were higher than those of saturated fatty acids. Water and 75% ethanol extracts of acorn powders showed higher absorbency at 285 nm. Water and 75% ethanol extracts exhibited antioxidative activity with IC<sub>50</sub> of 19.0 and 21.4 µg/mL, respectively, indicating they are the major biological component in acorn powders. Results suggest water extract of acorn can be used as new material for natural antioxidant and functional food.

**Key words:** chemical components, antioxidative activity, physiological activities, water extracts, acorn powders

### 서 론

도토리는 떡갈나무, 갈참나무, 물참나무, 상수리나무 등의 참나무과 열매의 총칭으로 약 28종이 분포되어 있다. 우리나라는 도토리의 전분을 주로 목으로 만들었으나, 세계 여러 나라에서는 죽, 떡 등뿐만 아니라 의약 및 산업분야에 활용되어 왔다(1). 도토리는 약 70%가 전분으로 이루어져 기근이 발생할 때 마다 중요한 전분식량 대용으로 사용되어 왔으며 다른 전분과 달리 수렴작용이 있고 6-9%의 탄닌을 함유하고 있어 떫고 쓴 맛이 나는 것이 특징이다(2,3). 탄닌은 Fe<sup>++</sup>, Cu<sup>++</sup>과 같은 금속 이온을 킬레이트하는 능력과 지질이 산화되는 것을 억제하고, 생성된 ·OH를 소거하여 항산화 효과를 보인다(4).

도토리는 특히 식물성 폴리페놀인 탄닌과 항산화 성분인 gallic acid, digallic acid, gallotannin 등을 다량 함유하고 있어 성인병 예방에 크게 도움을 줄 것이라 사료된다(5). 또한, 도토리를 이용하여 목 이외에도 여러가지 가공식품으로서 기능성식품의 개발이 요구된다. 최근까지, 도토리에 대한 연구는 일반성분 및 전분 영양을 비롯하여 전분의 제조 및 탄닌의 제거방법과 천

연 항산화성 물질의 탐색에 관한 연구 보고가 있었으나 도토리가 기능성 물질로서의 효용성에 관한 보다 체계적이고 구체적인 연구가 절실히 필요로 한다(2,6). 특히, 식생활의 변화로 동맥경화, 심근경색, 고혈압 등의 혈관순환계 질환의 주요인은 동물성 지방의 과량 섭취가 원인이 된다(7). 이러한 지방의 과잉 섭취는 지질 대사의 이상을 초래하여 심장질환 및 혈관계의 질병과 대장암과 유방암 등을 유발시킨다(6,8).

따라서 본 연구는 강원도 춘천군교에서 채취한 도토리를 이용하여 새로운 기능성을 함유한 음료 및 식품 개발 등 식품소재로서의 활용도를 높이기 위해 그의 화학성분을 분석하고, 생리활성 기능의 탐색으로 도토리 가루의 각종 추출물을 이용하여 항산화 효과에 대하여 연구하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

강원도 춘천시 군교에서 채집한 도토리를 풍건하고 탈피 미분하여 시료로 사용하였다.

#### 일반성분 분석

수분은 105°C 상압건조법, 조지방 함량은 Gerhardt사(Germany)의 Soxtherm을 이용하여 Soxhlet 추출법으로, 조단백질은 단백질자동 분석 장치(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator사, Sweden)를 이용하여, 질소계수 6.25를 곱하여 조단백질 함량(%)

\*Corresponding author: Myeong-Hyeon Wang, Division of Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea  
Tel: 82-33-250-6486  
Fax: 82-33-241-6480  
E-mail: mhwang@kangwon.ac.kr

으로 표시하였다. 조회분은 550°C에서 백색에서 회백색의 회분이 얻어질 때까지 회화하여 정량하였다. 탄수화물은 100에서 조지방, 조단백질, 조회분 함량을 뺀 값으로 나타내었다.

**무기질 분석**

무기질 시료의 전처리는 황산-질산 분해법으로 분해한 후, 일정용액으로 하여 Atomic Absorption Spectrophotometer(AAS; Analytikjena AG NOVA330, Germany)로 분석하였다. Calcium은 인의 간섭을 피하기 위하여 AAS의 방법에 따라 KCl을 첨가하여 nitros oxide-acetylene gas를 사용하였다. 인(P)은 Beckman Coulter사 UV/VIS Spectrophotometer DU800(USA)을 이용하여 몰리브덴 청 비색법으로 분석하였다.

**지방산 분석**

시료를 Bligh-Dyer 방법인 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 용액으로 지방질을 추출 정제한 후, 검화하여 Metcalfe 등의 방법에 따라 14% boron trifluoride로 methylation한 후, gas liquid chromatography(GLC; Hewlett-Packard GC Model 5890 series II, USA)로 분석하였다(9,10). 즉, 총지방질 20 mg을 정확히 취하여 0.5 N NaOH methanol용액 1.5 mL를 가하여 100°C에서 5분간 검화시킨 후, 14% BF<sub>3</sub>-MeOH 용액 2.0 mL를 가해 100°C에서 30분간 가온하여 지방산 methylester로 한 후, isoctane 1.0 mL와 포화 NaCl용액 5.0 mL를 가해 추출하여 isoctane층을 취하여 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 탈수 후, GLC 분석시료로 하였다. 분석시 검출기는 FID, 칼럼은 ZB-Wax capillary column(30 m×0.25 mm id×0.25 μm)를 사용하였으며, GLC의 분석조건은 주입(injector)온도가 250°C, 탐지(detector) 온도가 260°C(FID), carrier gas flow rate는 0.8 mL/min, hydrogen flow rate는 40 mL/min, air flow rate는 450 mL/min, 그리고 split ratio는 5 : 1로 하였다.

**구성당 분석**

구성당은 Blakeney 등(11)의 방법으로 정량하였다. 즉, 시료 10 mg을 정확히 취하여 72%(w/w) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 125 μL를 넣어 잘 혼합한 다음, 실온에서 45분간 방치하였다. 그 혼합액에 증류수 1.35 mL를 가하여 100°C에서 3시간 가수분해한 후, 15 M NH<sub>4</sub>OH 320 μL를 가하여 중화시킨 후, 2% NaBH<sub>4</sub> DMSO용액 1 mL를 첨가하여 40°C에서 90분간 반응시켰다. 그 반응액에 18 M glacial acetic acid 100 μL를 가하고 1-methylimidazole 200 μL와 acetic anhydride 2.0 mL를 넣어 실온에서 10분간 방치하였다. 그 반응액에 증류수 5.0 mL를 가하여 과잉의 acetic anhydride를 분해 후, dichloromethane 1.0 mL를 넣어 잘 혼합 후, 분리된 하층을 microcentrifuge tube에 취해 gas liquid chromatography(GLC)를 이용하여 분석하였다. 분석 조건은 다음과 같다. 즉, column은 DB 225(30 m×0.25 mm id×0.25 μm)(J&W Scientific Inc., Folsom, CA, USA)을 사용하였고, oven온도는 235°C, 주입(injector)온도는 285°C, 탐지(detector)온도는 300°C(FID), carrier gas flow rate는 1.0 mL/min 그리고 split ratio는 10 : 1로 하였다.

**추출물의 조제**

도토리 가루 약 100 g 정도를 추출용기에 넣고, 시료중량 20 배(2 L)의 에탄올, 메탄올, 클로로포름, 물, 75% 에탄올 등 각각의 용매로 2회 반복 추출하였다. 추출하여 얻어진 용액을 여과한 다음, vacuum rotary evaporator로 감압 농축하여 엑기스를 얻은 다음 추출수율(%)을 계산하였다.

**추출물에 대한 흡광도 측정**

도토리 가루의 추출물에 대하여 항산화성 물질로 알려진 화합물들(protein, aromatic amine 및 phenol 등)의 용출정도를 Hewlett Packard(Palo Alto, CA, USA)사의 HP 8452A diode array spectrophotometer를 사용하여 285 nm에서 흡광도로 측정하였다(12). 이때 시료는 0.1 mg/mL가 되게 추출물을 메탄올에 녹인 후, 흡광도를 측정하였다. 카로티노이드(carotenoids) 함량은 추출물을 0.1 mg/mL가 되도록 메탄올에 녹인 후, 450 nm에서 흡광도를 측정하여 그 함량을 나타내었다(13).

**DPPH 자유라디칼(free radical) 소거법에 의한 항산화 효과**

추출물의 검체를 적당한 농도로 에탄올 혹은 메탄올에 희석한 용액 4 mL와 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 1 mL씩을 vortex로 균일하게 혼합한 다음, 실온에서 30분간 방치한 후, 514 nm에서 흡광도를 측정하였다(14). 항산화 효과는 대조군에 대한 50% 흡광도의 감소를 나타내는 검체의 농도(IC<sub>50</sub>)로 표시하였다. 각 시료를 3회 반복 실시하여 평균하였다. 이 효능검정을 통하여 항산화 효과를 확인하였다.

**결과 및 고찰**

**일반성분 함량**

도토리 가루의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같이 탄수화물이 87.29%로 가장 많이 함유되어 있었고, 그 외 수분이 10.57%, 조지방 1.18%, 조단백 0.84%, 회분이 0.12% 순으로 나타났다. Kim 등(15)은 서울 근교 수락산에서 채집한 도토리 가루의 일반성분을 분석한 결과 수분이 10.2%, 조단백 5.8%, 회분 2.8%, 조지방 1.1% 순으로 나타났으며, Chae 등(16)은 청평 근교에서 생산된 도토리 가루의 일반성분을 분석한 결과 조단백 7.3%, 수분 6.5%, 회분 3.4%, 조지방 2.1% 순으로 나타나 일반성분 조성은 각 연구자들 사이에 큰 차이가 없었으나 지역 및 품종에 따라 그 성분율이 일정치 않았다(4).

**무기질 함량**

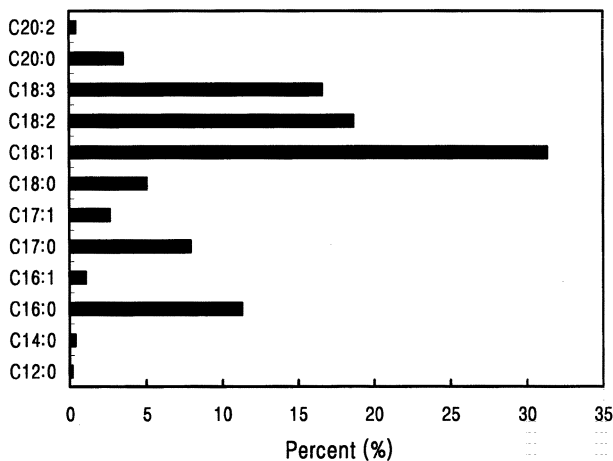
도토리 가루에 함유되어 있는 무기성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 즉, 도토리 가루의 주요 무기성분은 K 함량이 40.68 mg/100 g로 가장 많이 나타났으며, 그 외 P(8.95 mg/100 g), Ca(8.64 mg/100 g), Mg(4.67 mg/100 g), Na(3.94 mg/100 g), Fe(1.41

**Table 1. Proximate compositions and mineral contents in acorn powders**

Composition	Acorn powders
Proximate compositions (%)	
Moisture	10.57
Crude ash	0.12
Curde protein	0.84
Crude fat	1.18
Carbohydrate	87.29
Mineral (mg %)	
K	40.68
P	8.95
Ca	8.64
Na	3.94
Mg	4.67
Fe	1.41

**Table 2. Contents of monosacchrides in acorn powders**  
(unit: mg%)

Sugar composition	Acorn powders
Glucose	97.99
Rhamnose	0.58
Galactose	0.37
Arabinose	0.34
Mannose	0.25
Fucose	0.24
Xylose	0.23



**Fig. 1. Fatty acid compositions in acorn powders (unit: %).**

mg/100 g) 순으로 나타났다. Kim 등(4)은 도토리 가루의 무기 성분을 분석한 결과 K이 제일 많이 함유되어 있고, Mg, Ca, Na, P, Fe 순으로 나타났다고 보고하였다.

#### 구성당 함량

Table 2는 도토리 가루에 함유 되어 있는 구성당의 함량을 GLC로 분석한 결과로서 구성당은 총 7종이 분리 동정되었으며, 그 중 glucose가 대부분으로 나타나고 rhamnose, galactose, arabinose, mannose, fucose, xylose 순으로 함유되어 있었다. 지금까지 도토리 가루에서의 구성당 함량은 발표된 바가 없으나, Choi 등(17)은 밤의 유리당 함량은 glucose, sucrose, fructose가 2 mg% 함유되어 있다고 보고하였다.

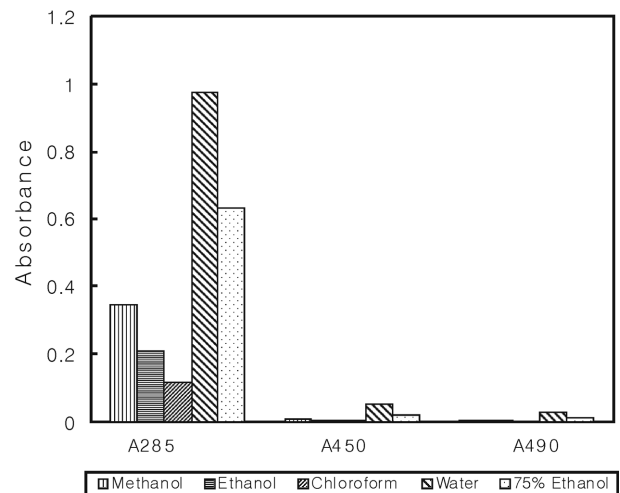
#### 지방산 조성

도토리 가루에 함유되어 있는 지방산을 GLC로 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 즉, 도토리 가루의 총 지방산 함량은 1.18%였으며, 총 지방산 중 주요 지방산 조성은 oleic acid(C18:1)가 31.87%, linoleic acid(C18:2) 18.72%, linolenic acid(C18:3) 16.67%, palmitic acid(C16:0)가 11.32% 순으로 나타났다. 반면에 C17:0, C18:0, C20:0, C17:1, C16:1, C20:2, C14:0, C12:0 등은 매우 적은 양만이 탐지되었다. 포화 지방산은 28.48%로 나타났으며, 그 중 palmitic acid가 11.32%로, 전체 지방산중 불포화지방산이 71.52%로 나타났으며, 그 중 oleic acid가 31.87%로 가장 높게 나타났다. Ha 등(18)은 밤의 지방산 조성을 분석한 결과 주요지방산은 linoleic acid(18:2 42.0%), palmitic acid(16:0, 27.5%), linolenic acid (18:3, 17.3%), oleic acid(18:1, 9.6%)이며, palmitoleic acid(16:1)와 myristic acid(14:0)가 약10%

**Table 3. Extraction yields of acorn powders by solvents**

Solvents	Extraction Yield <sup>1)</sup> (%, weight/weight)
Ethanol	0.9
Methanol	1.0
Chloroform	1.0
Water	0.8
75% Ethanol	14.4

<sup>1)</sup>One hundred grams of acorn powders were extracted with 2 L of solvents at room temperature for 3 days. After filtration, the filtrate was concentrated by rotary evaporator and extraction yield was calculated by measuring the weight of extracts.



**Fig. 2. Absorbance of extract obtained from acorn powders at 285, 450, and 490 nm.**

The absorbance was measured with 0.01% solution in methanol over an optic path of 1 cm.

함유되어 있다고 보고하였다. 도토리의 지방산 조성은 밤의 구성 지방산과 유사하나, 지질 함량에서 일정한 차이를 보이고 있다. 그리고 밤의 총 지질중 포화지방산이 30.6%, 불포화지방산이 65.8%로 밤은 불포화지방산의 구성 비율이 대단히 높은 것으로 보고되었다. 그러므로, 도토리 불포화지방산은 71.52%로 밤보다도 불포화지방산 함량이 높은 것으로 나타났다.

#### 도토리 가루의 추출물의 흡광도

Table 3에서 보여주는 바와 같이, 도토리 가루는 75% 에탄올 추출물에서 14.4%로 수율이 가장 높았으며, 클로로포름, 메탄올, 에탄올, 물의 순으로 나타났다. 항산화성 물질로 알려진 화합물들(protein, aromatic amine 및 phenol 등)의 용출 정도를 알아보기 위하여 285, 450, 그리고 490 nm에서 흡광도를 측정하여 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 285 nm에서의 흡광도는 도토리 가루의 물 추출물이 0.9729로 가장 높게 측정되었고 75% 에탄올, 메탄올, 에탄올 및 클로로포름 순으로 자외선 흡광도가 높게 측정되었다. 카로티노이드(carotenoids)는 450 nm에서의 흡광도를 측정된 결과로 Fig. 2로 나타났다. 즉, 물 추출물이 0.0539로 가장 높게 측정되었고, 다음으로 75% 에탄올 추출물이 높게 측정되었다. 그 외의 추출물은 흡광도가 높지 않은 것으로 미루어 보아서 도토리 추출물 중 카로티노이드계 화합물은 거의 함유되어 있지 않은 것으로 추정된다.

**Table 4. Antioxidant activity of solvent fractionations from the acorn powders by DPPH radical scavenging method**

Fractions	Antioxidant activity <sup>1)</sup> (IC <sub>50</sub> : µg/mL)
MeOH ext.	45.2
EtOH ext.	>250.0
CHCl <sub>3</sub> ext.	>250.0
Water ext.	19.0
75% EtOH ext.	21.4
Control antioxidants	
BHT	5.4
Vitamin C	4.2
α-Tocopherol	3.3

<sup>1)</sup>Amount required for 50% reduction of DPPH (0.04 mM) after 30 min.

Fig. 2에서 보여주는 바와 같이, 490 nm에서 측정된 도토리 가루 추출물의 갈색도를 분석한 결과는 다음과 같다. 즉, 물 추출물이 0.0301로 다소 높게 측정되었고, 다음으로 75% 에탄올 추출물이었다. 그 외의 추출물들은 대부분 흡광도가 0.01 이하로 매우 낮게 측정되는 것으로 보아서 도토리 추출물에서 갈변물질은 거의 함유되어 있지 않은 것으로 나타났다.

**항산화 효과**

도토리 가루의 활성산소를 소거할 수 있는 화합물 또는 과산화물 생성억제 물질로 이용하고자 DPPH로 전자 공여능을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 도토리 가루 추출물의 항산화 효과는 물 추출물(IC<sub>50</sub>: 19 µg/mL)이 가장 높았고, 75% 에탄올 추출물(IC<sub>50</sub>: 21.4 µg/mL) 및 메탄올 추출물(IC<sub>50</sub>: 45.2 µg/mL)의 순으로 측정되었으며 주로 극성 용매에서 항산화 활성이 높게 나타났다. Yook 등(19)이 밤과 도토리의 50% 메탄올 추출물로 흰쥐 생체내 실험을 한 결과 밤과 도토리의 함유수준이 높을수록 체내 지질 수준을 효과적으로 감소시켰고 간의 지질 과산화로 효과적으로 억제하였으며, SOD의 활성을 증가시키는 등의 항산화 효과를 나타내었다고 보고하였다. 본 연구에서는 물 추출물, 75% 에탄올 추출물, 메탄올 추출물 순으로 항산화 작용이 강력하게 나타남을 확인하였다. 특히, 물 추출물의 항산화 효과는 전통기호식품 또는 건강식품소재로서 더욱 가치가 있을 것으로 간주되어진다.

**요 약**

도토리 가루를 이용하여 기능성 식품개발을 목적으로 도토리 가루의 화학성분, 항산화 활성을 조사하였다. 일반성분은 탄수화물이 87.29%, 수분 10.57%, 조지방 1.18%, 조단백 0.84%, 회분 0.12% 순으로 나타났다. 도토리 가루에 가장 많은 무기 성분으로는 K이 40.68 mg/100 g으로 나타났으며, 그 외 P(8.95 mg/100 g), Ca(8.64 mg/100 g), Mg(4.67 mg/100 g), Na(3.94 mg/100 g), Fe(1.41 mg/100 g) 순으로 나타났다. 구성당은 총 7종이 분리 동정되었으며, 그 중 glucose가 대부분으로 나타났고 rhamnose, galactose, arabinose, mannose, fucose, xylose 순으로 함유되어 있었다. 주요 지방산 조성은 oleic acid(C18:1)가 31.87%로 가장 높았고, linoleic acid(C18:2)는 18.72%, linolenic acid(C18:3)는 16.67% 그리고 palmitic acid(C16:0)가 11.32% 순

으로 나타났다. 항산화 효과는 물 추출물에서 IC<sub>50</sub>가 19.0 µg/mL로 가장 높게 측정되었고 75% 에탄올 추출물(IC<sub>50</sub>: 21.4 µg/mL) 및 메탄올 추출물(IC<sub>50</sub>: 45.2 µg/mL)순으로 항산화 효과가 측정되었다.

**문 헌**

- Kim JO, Lee MJ. Studies on some physico-chemical properties of the acorn starch. Korean J. Food Sci. Technol. 8: 230-235 (1976)
- Lee MH, Jeone JH, Oh MJ. Antioxidative activity of gallic acid in acorn extract. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 21: 693-700 (1992)
- Kwon JH, Kim SJ, Lee JE, Lee SJ, Kim SK, Kim JS, Byun MW. Physicochemical and organoleptic properties of starch isolated from gamma-irradiated acorn. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 1007-1012 (2002)
- Lopes GK, Schulman HM, Hermes-lima M. Polyphenol tannic acid inhibits hydroxy radical formation from fenton reaction by complexing ferrous ions. Biochem. Biophys. Acta 1472: 142-152 (1999)
- Kim BN. A study on the literature review of acorn in Korea. Korean J. Soc. Food Sci. 11: 158-163 (1995)
- Sung IS, Kim MJ, Cho SY. Effect of Quercus acutissima CAR-RUTHERS extracts on the lipid metabolism. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 327-333 (1997)
- Kang MH, Lee JH, Lee JS, Kim JH, Chung HK. Effect of acorn supplementation on lipid profiles and antioxidant enzyme activities in high fat diet-induced obese rats. Korean J. Nutr. 37: 169-175 (2004)
- Han JS, Han YB. The effect of high fat diet and dietary fiber on lipid metabolism in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 23: 541-547 (1994)
- Metcalfe LD, Schmitz AA. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 33: 363-364 (1961)
- Shim TH, Han KS, Lee TJ, Cheong EH, Lee HK. Compositon of lipid and amino acid in *Semisulcospira gottschei* tissues, J. Food Hyg. Saf. 9: 81-87 (1994)
- Choi JH, Jang JG, Park KD, Park MH, Oh SD. High performance liquid chromatographic determination of free sugars in ginseng and its products. Korean J. Food Sci. Technol. 13: 107-113 (1981)
- Kim JY, Maeng YS, Lee KY. Antioxidative effects of soybean extracts by using various solvents. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 635-639 (1995)
- Seo YH, Kim IJ, Yie AS, Min HK. Electron donating ability and contents of pnenolic compounds, tocopherols and canrotenoids in waxy corn (*Zea mays* L.). Korean J. Food Sci. Technol. 31: 581-585 (1999)
- Lee GD, Kim JS, Bae JO, Yoon HS. Antioxodative effectiveness of water extract and ether extract in Wormwood (*Artemisia Montana Pampan*). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 21: 17-22 (1992)
- Kim CS, Shin ET. Studies on the utilization of varieties of acorn in Korea. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 3: 17-22 (1975)
- Chae SK, Yu TJ. Studies on the hydrolysis of tannin in food by fungal tannase. Korean J. Food Sci. Technol. 5: 17-22 (1973)
- Choi OB, Park KH. Assay of constituent of *Castanea crenata* leaf tea. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 14: 271-276 (1997)
- Ha BS, Bae MS, Jeong TM. Studies on constituent variation during storage after freeze-drying of chestnut. Korean J. Food Sci. Technol. 14: 97-105(1982)
- Yook GJ, Lee HJ, Kim MK. Effect of chestnut and acorn on lipid metabolism, antioxidative capacity, and antithrombotic capacity in rats. Korean J. Nutr. 35: 171-182 (2002)