

## 박피 유무에 따른 전처리 백연근의 항산화능 및 항고혈압능 효과

김진숙<sup>†</sup> · 황동주 · 강은정 · 김경미 · 최송이 · 김기창

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

### Antioxidant Capacities and Inhibitory Activity on Angiotension Converting Enzyme of Dried Lotus Root by Different Pretreatment

Jin-Sook Kim<sup>†</sup>, Dong-Ju Hwang, Eun-Jung Kang, Kyung-Mi Kim, Song-Yi Choi and Gi-Chang Kim

Dept. of Agro-Food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 565-851, Korea

#### ABSTRACT

This study investigated the antioxidant capacities and inhibitory activity of peeled lotus root (*Nelumbo nucifera*) as a food material on angiotension-converting enzyme (ACE). The antioxidant effects on total polyphenol and total flavonoid contents were not significant. However, DPPH radical scavenging activity decreased from 85.07% to 80.70% by peeled treatment. SOD-like activity decreased from 20.84% to 17.97%, and ACE inhibitory activity decreased from 53.4% to 50.1% by peeled treatment. Thus, consumption of non-peeled lotus root should increase.

Key words: Lotus root, peeling treated, antioxidant capacities, ACE

#### 서 론

다년생 수생식물인 연(*Nelumbo nucifera*)의 지하경은 땅속으로 길게 뻗어가 가을쯤 끝에 덩이줄기를 형성한다. 주로 한국, 중국, 일본 등의 동양권 나라에서 자라며 꽃은 관상용으로, 뿌리는 식용 및 약용으로 사용되어왔다(Lee JJ *et al* 2007). 백연근(이하 연근이라 표기)은 지혈하는 작용과 아울러 어혈을 풀어주는 작용이 있어 각종 출혈 증에 응용하며, 자양성이 있지만 독성이 없기 때문에 상용해도 무방하다(Lee YE & Hong SH 2003). 연근은 탄수화물과 식이섬유가 풍부하게 함유되어 있어 장의 연동 운동을 도와 배변 활동을 원활하게 하며, 콜레스테롤 생성을 억제하여 생활습관병 예방에도 효과가 뛰어나다. 연근은 단맛과 짠맛을 모두 가지며, 성질이 차지고 덤지도 않아 장기간 죽으로 복용하면 신경통, 류머티즘 치료에 효과가 있고, 스트레스 완화, 출혈성 위궤양, 위염 등에 좋은 효과를 볼 수 있다(Park JH & Kim EM 2010). 연근에 포함된 tannic acid, flavonoids 등의 항산화 물질과 lecithin, mucin 등의 생리활성물질들을 섭취함으로써 산화적 장애 방어, 노화 억제 및 각종 질병을 예방하는 효과를 갖는다(Son GB 2007). 특히 연근의 껍질이나 마디에 함유되어 있는 탄닌은 지혈효과

및 항산화 작용을 나타낸다고 하고(Ling ZQ *et al* 2005), mucin은 점막 조직의 염증을 억제하는 작용을 하기 때문에 위궤양이나 십이지장궤양 등에 생것으로 먹으면 좋다고 보고하였다(Yu TJ 2006).

현대인들의 건강에 대한 관심이 증가하고, 과학의 발달과 의학의 발전으로 사람의 수명이 연장되고 있다. 인체의 노화는 시간에 따른 자연적인 현상이지만 그 진행속도는 체내의 free radical에 의해 많은 영향을 받는 것이며(Lee SE *et al* 2004), 유해 free radical을 억제하는 항산화제와 생리활성에 관한 연구는 활발히 진행되고 있다. DPPH 전자공여능은 산화성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제하며, ABTS radical 소거능은 활성 양이온이 항산화 성분에 의해 소거되는 것으로(Torel J *et al* 1986), SOD 유사활성은 전자 환원으로 반응성과 파괴성이 매우 큰 superoxide anion radical을 제거하기 위해 분비되는 superoxide dismutase(SOD)와 유사한 역할을 하여 superoxide anion radical을 정상상태의 산소로 전환시켜 주는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Kang YH *et al* 1996).

일반 가정에서 연근은 생식을 하거나, 기름에 튀기거나, 또는 간장, 꿀, 설탕 등에 당절임하여 이용되는데 주로 조림 반찬으로 많이 이용되거나, 단순히 건조시켜 분말로 만들어 밀가루와 섞어 사용하거나 전분 제조용으로만 사용되고 있다(Kim YS *et al* 2002). 연근, 우엉 등의 구근작물은 식용할

<sup>†</sup>Corresponding author : Jin Sook Kim, Tel: +82-63-238-3555, Fax: +82-63-238-3842, E-mail: preetyjs@korea.kr

시 대부분 껍질을 박피하여 이용한다. 연근, 우영, 더덕, 도라지 등의 구근작물을 이용하는 업체에서는 박피 전처리 과정으로부터 발생하는 갈변을 방지하기 위해 세척수, 온도, 포장재 등 많은 비용이 필요할 뿐 아니라, 껍질 제거 작업 시 기계적 처리보다는 직접 사람의 손으로 해야 하는 불편함을 호소하고 있다.

연근 껍질에는 탄닌을 비롯한 유용성분 뿐만 아니라, 연근을 통째로 활용할 수 있도록 유도하기 위한 기초적인 전처리 방법, 박피 여부에 따른 품질특성과 항산화성 등의 특성 조사가 필요한 실정이다. 이에 연근의 박피 여부에 의한 이화학적 특성 차이의 결과 보고는 전보(Hwang DJ *et al* 2014)에서 밝힌 바와 같이, 박피하지 않은 연근은 수분, 조단백, 식이 섬유 함량에서 박피한 연근보다 높았고, 특히 철의 함량이 높았다. 또한 유리당 측정 결과, fructose와 sucrose의 함량도 높았다.

따라서 본 연구는 박피 여부에 따른 연근의 항산화성 및 항고혈압능의 변화를 통해 향후 연근을 이용한 건강지향 식품소재 활용에 필요한 기초 데이터를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서 사용한 연근은 경북 상주에서 2013년에 생산되는 백연근을 수원 농산물 시장에서 구입하여 흐르는 수도수에 흠과 이물질을 제거하고 2회 세척하고, 자연 탈수한 것을 사용하였다. 박피하지 않은 연근은 4 mm 크기로 슬라이스(SS-slicer, Shimomura, Japan)하여 50℃ 열풍 건조기(DS-240BC, Dusung Co, Busan, Korea)에서 6시간 건조하였다. 박피한 연근은 Y자형 근채류 박피 도구를 사용하여 1 mm 두께로 박피한 후, 4 mm 크기로 슬라이스하여 50℃에서 6시간 건조하였다. 이때 박피하지 않은 연근의 수분함량은 전보(Hwang DJ *et al* 2014)에 보고한 바와 같이 7.40%, 박피한 연근의 수분 함량은 5.42%였다. 여기서 열풍건조방법으로 사용한 이유는 업체단위에서 열풍 건조한 연근을 많이 사용하기 때문에 그 방법을 그대로 적용하여 박피 여부에 의한 연근 품질차이를 조사, 현장에서 바로 식품소재로서 활용되기 위함이었다. 건조 후 분말시료는 4℃ 저온 저장고에 보관하면서 사용하였다. 유리당, 유기산 분석을 위한 표준물질은 Sigma(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

### 2. Total Polyphenol 함량 측정

시료 추출물 0.1 mL에 증류수 8.4 mL와 2 N Folin-Cio-leteu's 0.5 μL를 넣고 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>와 1시간 반응 후 725 nm

에서 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 0~0.1%으로 희석하여 검량선을 작성하여 총 폴리페놀 함량(mg GAE/mL)을 계산하였다(Dewanto V *et al* 2002).

### 3. Total Flavonoid 함량 측정

Total flavonoid 함량 측정은 시료를 100 mg/mL의 농도로 만든 후 희석하여 사용하였다. 시료 250 μL에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75 μL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 150 μL를 가하여 6분간 반응하였다. 반응 후 1 N NaOH 500 μL를 가하고, 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질을 catechine hydrate를 0~0.5%(w/v)로 희석하여 검량선을 작성 후 총 플라보노이드 함량(mg CAE/mL)을 나타내었다(Jia Z *et al* 1999).

### 4. DPPH 전자공여능 측정

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 의한 전자공여능(electron donation ability)은 시료는 100 mg/mL의 농도로 만든 후, 5배 희석하여 사용하였다. 시료 0.2 mL에 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 첨가 후 실온에서 30분간 반응시키고, 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료 처리구와 무 처리구의 흡광도 차이를 계산하였다(Chio YM *et al* 2003).

$$\text{전자공여능(\%)} = \left( 1 - \frac{\text{시료처리구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}} \right) \times 100$$

### 5. SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성은 Marklund S & Marklund G(1974)의 방법에 준하였다. 시료는 100 mg/mL의 농도로 만든 후 희석하여 사용하였고, 시료 0.2 mL에 Tris-HCl 완충용액(50 mM Tris+ 10 mM EDTA, pH 8.5) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여 25℃에서 10분간 반응시킨 후, 1N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시키고, 반응액 중 산화된 pryogallol의 양을 420 nm에서 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

$$\text{SOD 유사활성(\%)} = \left( 1 - \frac{\text{시료처리구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}} \right) \times 100$$

### 6. ACE 저해활성 측정

ACE 저해활성은 Cushman DW & Cheung HS(1971)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 0.05 M Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> 135 mL와 0.2 M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 165 mL를 혼합하고, pH 8.3으로 조정된 완충용액의 10 mL에 1 g의 rabbit lung acetone powder(Sigma Chemical

Co., St, Louis, MO, USA)를 4°C에서 24시간 동안 교반한 후, 30분간 원심분리(4°C, 12,000 rpm, 30분)하여 ACE 조효소액을 얻었다. 시료는 100 mg/mL로 만들어 희석하여 사용하였고, 시료 50 µL에 기질인 12.5 mM Hip-His-Leu(HHL, Sigma Chemical Co., St, Louis, MO, USA) 100 µL를 첨가하고, ACE 조효소액 100 µL를 가하여 37°C에서 60분간 반응시켰다. 1 M HCl 250 µL를 넣고 반응을 정지한 다음, ethyl acetate 1.5 mL를 넣고 잘 혼합한 후 원심분리(3,000 rpm, 4°C)를 15분간 실시하여 상등액 500 µL를 얻었다. 이 상등액은 80°C에서 30분간 완전히 건조시켜 증류수 1 mL를 넣은 후 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로서는 추출물 대신 추출용매 50 µL를 가해 실험하였으며, ACE 저해활성 효과는 박피한 연근과 박피하지 않은 연근의 흡광도 차이를 이용하여 계산하였다.

ACE inhibition activity(%) =

$$\left(1 - \frac{\text{시료처리구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

## 7. 통계 처리

본 연구 결과는 통계분석용 프로그램인 SPSS version 12.0K (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 나타내었고, 각 실험군 간의 유의성 검증은 *t*-test에 의해  $p < 0.05$  수준에서 유의적 차이를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Total Polyphenol 및 Total Flavonoid 함량

박피 여부에 따른 연근의 total polyphenol 함량과 total flavonoid 함량 측정 결과는 Table 1과 같다. Total polyphenol 화합물들은 항암작용, 혈압강화작용, 항산화작용, 진경작용, 간 보호 작용 등 여러 효과들이 밝혀졌고, total flavonoid 화합물은 사하작용, estrogen 작용, 진경작용, 살균작용, 진정작용, tyrosinase 저해작용 및 항산화 활성을 나타내는 것이라고 한다(Son GB 2007). Total polyphenol 함량은 박피하지 않은

**Table 1. Total polyphenol and total flavonoid contents of dry lotus root powder by different pretreatment**

	Total phenolic contents (mg GAE/mL)	Flavonoid contents (mg CAE /mL)
Non peeling	6.77±0.03 <sup>1)</sup>	0.80±0.01
Peeling	6.63±0.02	0.80±0.02
<i>t</i> -value	0.78	0.00

<sup>1)</sup> Means±S.D.

연근과 박피한 연근이 각각 6.77과 6.63 mg GAE/mL로 박피에 의한 차이가 없었고, total flavonoid 함량도 모두 0.80 mg CAE/mL로 박피에 의한 차이는 보이지 않았다. Cho EH *et al*(2014)은 알로에 베라 껍질의 에탄올, 물 추출물이 알로에 속 내용물의 추출물보다 total polyphenol 함량이 높았는데, 본 연구결과에 같은 경향이였다. 한편, Son GB(2007)은 백연근의 total polyphenol 함량은 5.13 mg GAE/mL, total flavonoid 함량은 0.20 mg CAE/mL로 본 연구결과보다는 낮은 경향이였다. Hwang DJ *et al*(2014)은 연근의 재배지역, 전처리과정(박피, 절단, 갈변방지 처리 등), 건조방법 등에 성분 등이 달라질 수 있다고 전한다. 하지만 본 연구의 폴리페놀, 플라보노이드 함량은 연근의 박피 전처리 과정에 따른 유의적 함량 차이는 보이지 않았다.

### 2. DPPH 전자공여능 및 SOD 유사활성

박피 여부에 따른 연근의 DPPH 전자공여능, ABTS radical 소거능 및 SOD 유사활성 측정 결과는 Table 2와 같다. 활성산소는 인체 내에서 질병과 노화를 일으키는 원인 물질로써, radical 소거능은 활성산소의 항산화력 및 노화억제 작용의 척도로 평가될 수 있다고 한다(Warner HR *et al* 1987). DPPH 전자공여능은 시료의 flavonoids 및 polyphenol성 물질 등에 대한 항산화 작용의 지표라고 할 수 있으며(Hertog MGL *et al* 1993), 이러한 물질은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 한다(Kang YH *et al* 1995). 또한 전자공여작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 식품 중의 지방 산화를 억제하는 목적으로 사용되고, 인체 내 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 작용을 한다(Lee GD *et al* 1997).

본 연구에서 연근 추출물의 DPPH 전자공여능 측정 결과, 박피하지 않은 연근이 85.07%, 박피한 연근이 80.74%로 박피하지 않은 연근이 더 높았다( $p < 0.01$ ). Cho EH *et al*(2014)은 알로에 베라의 껍질에 대한 에탄올 및 물 추출물에 있어 알로에 속 내용물의 추출물보다 SOD 유사활성, DPPH radical

**Table 2. DPPH radical scavenging activities and SOD-like activities of dry lotus root powder by different pretreatment (%)**

	DPPH radical scavenging activity	SOD-like activity
Non peeling	85.07±1.10 <sup>1)</sup>	20.84±0.94 <sup>1)</sup>
Peeling	80.74±0.26	17.97±1.31
<i>t</i> -value	6.68 <sup>**2)</sup>	3.09*

<sup>1)</sup> Means±S.D.

<sup>2)</sup> Means with different letters are significant different by *t*-test (\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.01$  level).

소거능이 높은 것으로 보고하였다.

SOD(superoxide dismutase)는 생체 내에서  $O_2^-$  (superoxide)의 소거에 관여하는 효소로서, 생체 내에서 생성된 활성 산소는 체내에서 산화적 장애를 초래하여 노화를 촉진, 동맥경화 등의 발생이 증가되므로, 이런 현상을 억제하기 위해 SOD 유사활성을 측정하였다(Cha HS *et al* 2001). 본 연구에서는 연근 추출물의 superoxide에 대한 산화 억제 작용을 알아보기 위해 superoxide와 반응하여 갈변물질을 내는 pyrogallol의 자동 산화반응을 측정한 결과, 박피하지 않은 연근은 20.84 %, 박피한 연근은 17.97%로 박피하지 않은 연근이 박피한 연근보다 높은 활성을 보였다( $p<0.05$ ).

### 3. ACE 저해활성

박피 여부에 따른 연근의 ACE 저해활성 측정 결과는 Table 3과 같다. ACE는 불활성형인 angiotensin I의 말단에 존재하는 His-Leu를 절단하여 angiotensin II를 생성하고, 혈압을 감소시키는 bradykinin을 불활성화 시키는 효소로 알려져 있다(Noh H & Song KB 2001). ACE 저해제는 ACE의 작용을 저해함으로써 angiotensin II의 생성저해, aldosterone 분비감소, 혈관확장제인 bradkinin의 증가 등의 과정을 통해 신장혈관을 확장시켜 sodium의 배설을 촉진함으로써 혈압을 낮추는 효과가 있는 것이다(Oh SJ *et al* 1997). 일반적으로 phenol 유래의 화합물과 단백질과의 결합은 단백질의 아미드 결합과 펩티드 수산기 간의 수소결합에 의한 반응으로 단백질과 복합체의 침전물을 형성하며, 이런 현상은 pH, 이온강도, 단백질 및 phenol 농도에 의한 상호작용으로 비경쟁적 효소를 저해함으로써 효소의 용해성 및 안정성을 저하시켜 효소의 불활성화를 일으키는 것이다(Funayama H & Hikomo H 1979). 박피의 여부에 따른 연근의 ACE에 대한 저해효과를 측정함으로써 항고혈압 효과를 살펴본 결과, 박피하지 않은 연근의 ACE 저해활성이 53.4%이고, 박피한 연근이 50.1%로 박피하지 않은 연근이 박피한 연근보다 약간 높은 경향이 있었다( $p<0.01$ ). 한편, Lee J *et al*(2004)은 더덕, 마의 물 추출물에 대한 ACE 활성은

22.8% 33.5% 발효하였는데, 그 결과는 연근 박피 여부에 관계없이 본 연구 결과보다는 낮았다.

## 요 약

본 연구는 혈관벽 강화, 콜레스테롤 저하작용, 위벽보호, 해독작용, 치매예방 등의 효과가 있는 것으로 알려진 연근의 가공 식품 소재로써 활용 편의성을 높이고자 전처리 단계 중 인력에너지 소모가 많은 부분인 박피공정 처리 여부에 따른 연근의 항산화능 및 항고혈압능을 조사하였다. 연근의 박피 여부에 따라 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드함량은 시료 간 차이를 보이지 않았다. 박피하지 않은 연근의 경우, DPPH 전자공여능은 85.07%, SOD 유사활성은 20.84% 그리고 ACE 저해활성은 53.4%로 박피한 연근보다 높았다. 통상적으로 연근은 조리용 또는 가공식품 소재로 이용할 때 껍질의 떫은 맛, 색깔 등과 같은 이유로 박피 과정을 가지게 되는데, 본 실험 결과, 박피로 인해 연근이 가지는 항산화능 및 항고혈압능이 특성에 따라 일부 감소하는 경향을 보였다. 따라서 연근 사용 시 당연하게 수반되었던 박피 전처리 공정의 생략 여부를 고민하는 것이 더 좋을 것으로 판단된다. 더불어 연근의 껍질에도 항산화에 도움이 되는 유용성분이 다량 함유되어 있을 것이기 때문에 연근의 과육과 껍질의 성분 분석, 항산화능 및 생리활성 분석을 통해 연근의 껍질에 관한 연구가 진행되어야 할 것이며, 연근의 일반적인 박피 이외 다양한 전처리 과정을 통한 성분 분석 및 생리활성에 관한 연구가 추가적으로 진행된다면 좋을 것이라 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ009409)에 의해 이루어진 것으로 감사드립니다.

## REFERENCES

- Cha HS, Park MS, Park KM (2001) Physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel. *Korean J Food Sci Technol* 33: 409-415.
- Chio YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS (2003) The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Kor Soc Food Sci Nutri* 32: 723-727.
- Cho EH, Kim SY, Bang SI, Kim DC, In MJ, Chae HJ (2014) Biological activity of *Aloe vera* gel and skin extracts. *Korean J Soc Biotechnol Bioeng* 29: 437-442.
- Cushman DW, Cheung HS (1971) Spectrophotometric assay and

**Table 3. ACE inhibitory activity of dry lotus root powder by different pretreatment condition**

	ACE inhibitory activity(%)
Non peeling	53.4±0.06 <sup>1)</sup>
Peeling	50.1±0.01
t-value	10.05 <sup>**2)</sup>

<sup>1)</sup> Means±S.D.

<sup>2)</sup> Means with different letters are significant different by t-test (\*\*  $p<0.01$  level).

- properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochemical Pharmacology* 20: 1637-1648.
- Dewanto V, Wu X, Adom XW, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agri Food Chem* 50: 3010-3014.
- Funayama H, Hikono H (1979) Hypotensive principles of *Diospyros kaki* leaves. *Chem Pharm Bull* 27: 2865-2869.
- Hertog MGL, Feskens EJM, Kromhout D, Jertog MGL, Hollman PCH, Hertog MGL, Katan MB (1993) Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen Elderly Study. *The Lancet* 341: 1007-1011.
- Hwang DJ, Kang EJ, Kim JS, Kim KM (2014) Effect of peeled lotus root on physicochemical properties. *J East Asian Soc of Dietary Life* 24: 793-801.
- Jia Z, Tang M, Wu J (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Kang YH, Park YK, Lee G (1996) The nitrite scavenging and electron donation ability of phenolic compounds. *J Korean Food Sci Technol* 28: 232-239.
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD (1995) Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *J Korean Food Sci Technol* 27: 978-984.
- Kim YS, Jeon SS, Jung ST, Kim RY (2002) Effect of lotus root powder on the quality of dough. *J Korean Soc Food Cookery Sci* 18: 573-578.
- Lee GD, Chang HG, Kim HK (1997) Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *J Korean Food Sci Technol* 29: 432-436.
- Lee J, Koo N, Min DB (2004) Reactive oxygen species, aging and antioxidative nutraceuticals. *Compr Rev Food Sci Food Safety* 3: 21-33.
- Lee JJ, Ha JO, Lee MY (2007) Antioxidative activity of lotus root (*Nelumbo nucifera* G.) extracts. *Life Sci J* 17: 1237-1243.
- Lee Se, Bang JK, Song J, Seong NK, Park HW, Chung HG, Kim GS, An TJ (2004) Inhibitory activity on angiotensin converting enzyme (ACE) of Korean medical herbs. *J Medicinal Crop Sci* 12: 73-78.
- Lee YE, Hong SH (2003) *Oriental Food Material*. Kyomunsa, Paju. pp 62-63.
- Ling ZQ, Xie BJ, Yang EL (2005) Isolation, characterization and determination of antioxidative activity of oligomeric procyanidins from the seedpod of *Nelumbo nucifera* Gaertn. *J Agri food Chem* 52: 2441-2445.
- Marklund S, Marklund G (1974) Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
- Noh H, Song KB (2001) Isolation of an angiotensin converting enzyme inhibitor from *Oenanthe javanica*. *J Agri Chem Biotechnol* 44: 98-109.
- Oh SJ, Kim SH, Kim SK, Baek YJ, Cho KH (1997) Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of the *k*-casein fragments hydrolyzated by chymosin, pepsin and trypsin. Fractionation of angiotensin converting enzyme(ACE) inhibitory peptides from soybean paste. *J Korean Food Sci Technol* 29: 1316-1318.
- Park JH, Kim EM (2010) Changes in the quality characteristics of mung bean starch jelly with white lotus roots (*Nelumbo nucifera*) root powder added. *Korean J Culinary Res* 16: 180-190.
- Son GB (2007) Chemical components and biological activities of white and red lotus. *MS thesis* Gyeongsang National University, Jinju. pp 1-18.
- Torel J, Gillrd J, Gillard P (1986) Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. *Phytochem* 25: 383-385.
- Warner HR, Butler RL, Sprott E, Schneider L (1987) *The Free Radical Theory of Aging*. Raven Press NY pp 89.
- Yu TJ (2006) *100 Kinds of Medical Food*. Academybook, Seoul, Korea. pp197-198.

---

Date Received Apr. 23, 2015  
 Date Revised Jul. 8, 2015  
 Date Accepted Jul. 9, 2015