

## 연자육 분말 첨가 절편의 항산화 활성

정세현\* · 김순임<sup>1</sup> · 심기현<sup>1</sup>

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공, <sup>1</sup>숙명여자대학교 한국음식연구원

### Antioxidative Activity of *Jeolpyeon* Containing Lotus (*Nelumbo nucifera Gaertn*) Seed Powder

Se-Hyun Jeong\*, Sun-Im Kim<sup>1</sup>, Ki-Hyeun Sim<sup>1</sup>

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

<sup>1</sup>Korean Food Institute, Sookmyung Women's University

#### Abstract

This study was conducted to investigate the antioxidant activity of *Jeolpyeon* containing lotus seed powder. Original *Jeolpyeon* and *Jeolpyeon* with BHT (butyl hydroxy toluene) were compared. Antioxidant activities were measured based on total polyphenolic contents, total flavonoid contents, DPPH radical scavenging activity, reducing power, and SOD-like activity. Total polyphenolic and total flavonoid contents of *Jeolpyeon* containing lotus seed powder were estimated at 37.81±0.45 mg GAE/g and 26.35±0.13 mg QE/g respectively. DPPH radical scavenging activity increased upon addition of lotus seed powder. Further, reducing power was higher in *Jeolpyeon* containing lotus seed powder than original *Jeolpyeon* or *Jeolpyeon* with BHT. The antioxidative effect of *Jeolpyeon* significantly increased upon addition of lotus seed powder.

Key Words: Lotus seed, *Jeolpyeon*, antioxidant activity

## 1. 서 론

최근 식생활이 서구화 되면서 현대인들의 건강상 문제가 드러나게 되었고 자연식품과 성인병 예방에 관련된 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 점차 증가하고 있는 실정이다 (Paik 2003). 이러한 시대 흐름에 발맞춰 기능성 식품의 소재 성분에 관한 과학적 연구가 활발히 진행되고 있다 (Shin 2009).

인간을 비롯한 모든 생물체들은 산소를 이용하여 생명유지에 필요한 에너지를 생성하는 과정에서 유해한 활성 산소종(ROS)을 생성한다. 이러한 활성 산소종과 유리 라디칼은 체내에서 단백질 분해, 세포막 손상, DNA 변성 등을 초래한다 (Yim 등 2006). 산소 라디칼에 의해 유도되는 산화적인 스트레스는 노화뿐만 아니라 암, 심혈관계 질환, 당뇨, 골다공증 등과 같은 다양한 질병을 유발하는 원인으로 알려져 있다 (Takamatsu 등 2003). 그러므로 활성산소를 방어하는 항산화 물질이 현대 질병의 치료 가능성 때문에 주목 받고 있으며, 천연물에서 추출한 항산화제에 관한 연구가 활발하다 (Gua 등 2006). 천연 항산화제는 대부분 식물 기원을 두고 있으며 잎, 과일, 뿌리, 열매, 씨앗 등의 모든 부분에 존재하는데 이

들은 주로 페놀화합물로서 유리 라디칼의 생성을 지연시키고, 활성을 저해하여 항산화 물질로서의 역할을 한다 (Lee & Jang 2005).

연자육(*Nelumbo nucifera Gaertn*)은 수련과(Nymphaeaceae)에 속하는 연꽃의 잘 익은 종자를 가을에 수확하여 과피를 제거하고 말린 것으로 표면은 연한 황갈색으로 가는 세로 주름과 비교적 넓은 맥문을 띠고 있으며, 가장자리는 약간 오목하고, 껍질은 단단하며 쉽게 쪼개지지 않는다 (Seo 등 2006). 한의학적 측면에서 연자육은 맛이 달고 성질이 순하며 설사완화, 신장보호 효능이 있다 (Yi 등 2005). 최근 연구에서 연자육은 고혈압과 부정맥과 같은 심장혈관 질환 치료 작용 (Ling 등 2005)과 항암제, 이뇨제, 피부질환치료 효능이 보고되었다 (Liu 등 2004). 국내 연구는 연자육으로부터 식물 호르몬인 dihydrophaseic acid를 분리 및 성분 연구 (Seo 등 2006), 연자육 추출물이 간접 변이원의 돌연 변이원성에 대한 효과 (Song 등 1997), 유해세균인 *E. coli* KCTC 1039의 성장 억제 (Kim 등 2002), 연자육에 세린과 메티오닌이 풍부하다는 연구 보고 (Hwang 등 1998), 연자육의 기능성과 제빵의 품질특성에 관한 연구 (Lee 2010) 등 연자육의 기능성을 탐색하는 연구가 수행되었다.

\*Corresponding author: Sehyun Jeong, Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Cheongpa-ro 47gil 100, Yongsan-gu, Seoul, 140-742 Korea Tel: 82-2-710-9471 Fax: 82-2-710-9479 E-mail: jsehyun@sookmyung.ac.kr

따라서 본 연구에서는 연자육의 천연 항산화제로써 효과를 측정하고, 연자육 분말을 첨가한 절편을 제조하여 평가함으로써 연자육 분말의 기능성 및 활용가능성을 살펴보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

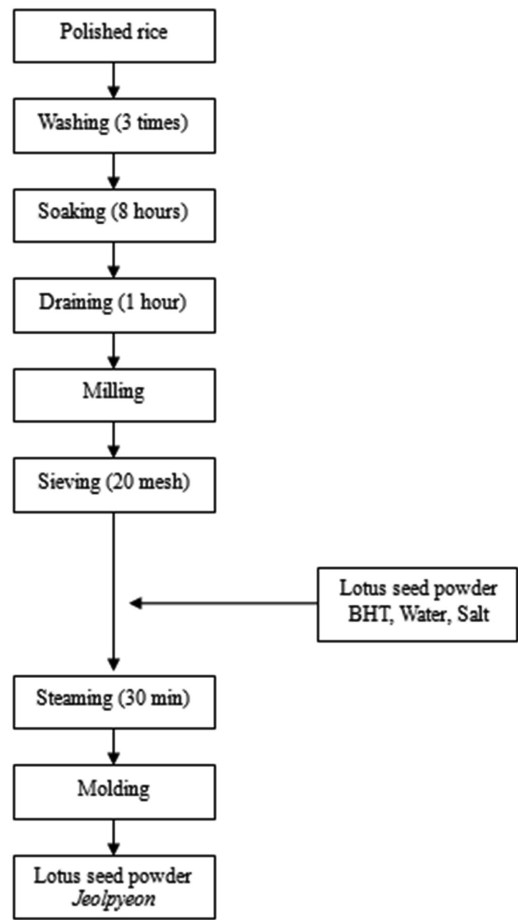
본 실험에서 사용한 연자육은 2011년 9월 충남 당진군 신평면 당진 연꽃 농원에서 재배되고 있는 연자육을 구입하여 열풍건조기(OF-22GW, JEIO, Korea)로 건조한 다음 초미세 기류식 분쇄기(Succession Type Minute Pulverizer KMS-200, China)로 분말화하여 사용하였다. 연자육 분말은 냉동 온도(-20°C)에서 보관 하면서 사용하였다.

### 2. 추출물 제조

연자육 추출물은 열풍건조 후 분말화한 연자육 30 g에 20 배 분량의 70% ethanol을 첨가하여 80°C 수욕상에서 환류 냉각하면서 3시간씩 2회 반복 추출하였다. 추출물은 Whatman No. 2로 여과하여 45°C에서 감압 농축하여 동결 건조한 후 분석실험에 사용하였다. 절편 추출물은 절편 중량 대비 10배 수 70% 에탄올을 가하여 Shaking incubator(24°C, 100 rpm, 24 hr)에서 추출하였다. 추출액은 Whatman No. 2를 이용하여 여과한 것을 항산화 실험 분석 시료로 사용하였다.

### 3. 절편 제조

연자육 절편의 최적 비율을 산출하기 위하여 실험 디자인은 Design Expert 8(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였으며 반응표면 실험계획법의 중심 합성 계획법(CCD: Central composite design)에 따라 실험을 설계하였다(박성현 2006). 예측된 최적값은 멧쌀가루(200 g)를 대체한 연자육 분말 18.22 g, 반죽 시간 35분 이었다<Figure 2>. 절편에 첨가되는 물과 소금은 동일한 양을 첨가하였으며 제조 과정은 <Figure 1>과 같다. 제조 방법은 찜틀(지름 30 cm, 높이 45 cm, 재료: 알루미늄)에 물을 1 L 넣고 가열하여 끓기 시작하면 젓은 면보를 깔고 재료를 혼합하여 찜틀에서 30분간 쪄 다음 반죽기(Model BG-PRBM09, Xinbao Electrical Appliances Holdings Co. Ltd, Guangdong, China)로 120 rpm에서 35분간 교반 시킨 다음 높이 1 cm 두께가 되도록 밀대로 밀고 지름 3 cm, 높이 1 cm의 원형틀로 일정하게 찍어서 plastic wrap으로 포장하여 30분간 상온에서 방냉한 다음 실험에 사용하였다. 항산화 효과를 비교분석하기 위해 대조구와 합성항산화제인 BHT를 첨가한 비교구 절편을 제조하였다. BHT 첨가량은 식품공전법(식품의약품안전청 2011)에 제시된 kg당 0.2 g 이하 사용기준에 맞춰 제조하여 비교하였다<Table 1>. 제조한 절편은 냉동 보관(-20°C)하였으며, 실온에서 1시간 해동한 후 사용하였다.



<Figure 1> Process flow of Jeolpyeon prepared with Lotus seed powder

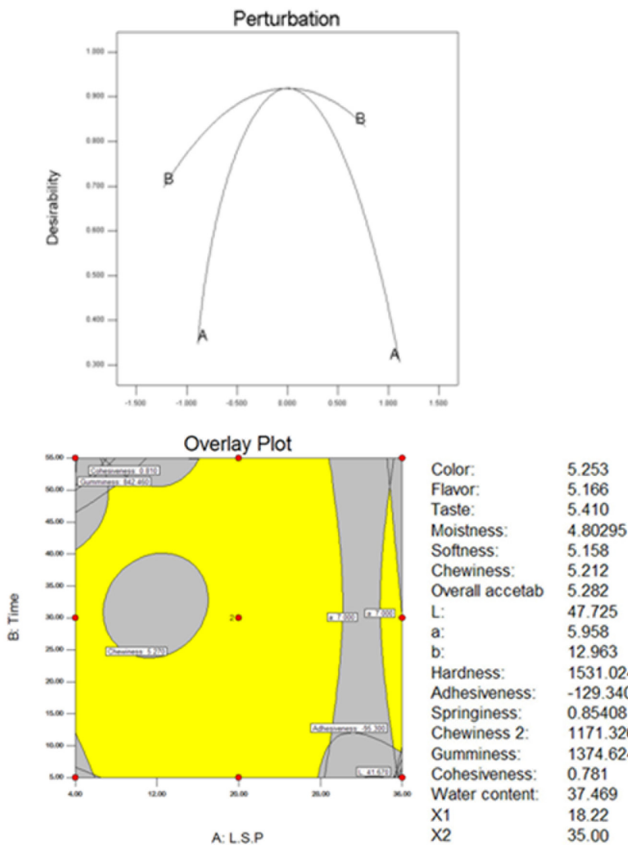
### 4. 일반성분 분석

일반성분은 AOAC(2002)에 따라 분석하였다. 수분은 적외선 수분측정기(MB45 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, Zurich, Switzerland)를 이용하여 측정하였으며 조단백질은 자동질소증류장치(Kjeltec 2200 analyzer, Foss Co, Slangerupgade, Hillerod, Denmark)를 이용한 Micro-kjeldahl 질소 정량법, 조지방은 자동 조지방 추출기(Soxhlet Avanti 2050, Foss Co, Slangerupgade, Hillerod, Denmark)를 이용한 Soxhlet's 추출법, 조회분은 전기회화로(Thermolyne F-48000, Bransted/Thermolyne Co., Dugue, Iowa, USA)를 이용한 550~600 직접 회화법, 조섬유는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaOH법(Fibercap system, 2022, Foss Tecator, USA)으로 정량하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값으로 나타내었다.

### 5. 항산화 활성

#### 1) 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀함량은 Folin-Ciocalteu법을 응용한 Swain & Hillis(1959)의 방법에 준하여 측정하였으며, 추출물 150 µL에 증류수 2400 µL와 0.25 N Folin-Ciocalteu phenol reagent 150 µL를 가한 후 vortex를 이용하여 교반한 다음 실온에서



<Figure 2> Overlay plot common area and perturbation for the optimization mixture of Jeolpyeon prepared with Lotus seed powder

3분간 반응시켰다. 이 용액에 1 N sodium carbonate (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 300 μL를 가하여 암소에 2시간 방치시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid (Sigma Chemical Co. St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 mg gallic acid(mg GAE/g)으로 3회 반복하여 얻은 평균값으로 나타내었다.

2) 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Jia 등(1999)의 방법에 준하여 측정하였다. 추출물 0.3 mL에 5% NaNO<sub>2</sub> 1 mL를 가하고 실온에서 6분 방치한 뒤 다시 10% Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 0.3 mL를 가한 후 실온에서 6분 방치하였다. 이 반응액에 1 N NaOH 4 mL을 가하고 추출 용매를 사용하여 10 mL로 정용한 후 실온에서 15분 방치시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin(Sigma Chemical Co. St. Louis, MO, USA)을 사용하여 검량선을 작성한 후 총 플라보노이드 함량을 mg quercetin(mg QE/g)으로 3회 반복하여 얻은 평균값으로 나타내었다.

3) DPPH

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) free radical에 대한

<Table 1> Components of Jeolpyeon added with Lotus seed powder

Ingredient (g)	Jeolpyeon		
	Control	LSP	BHT
Rice powder	200	181.78	199.96
Lotus seed powder (LSP)	0	18.22	0
Water	75	75	75
Salt	1	1	1
BHT	0	0	0.04

소거 효과는 Blois(1958) 방법에 준하여 측정하였다. 추출물 0.8 mL에 DPPH solution(1.5×10<sup>-4</sup> M) 0.2 mL를 가하여 교반한 다음 실온에서 암소에 30분간 방치 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 3회 반복하여 얻은 평균값으로 DPPH free radical scavenging activity를 나타내었으며 DPPH free radical을 50% 소거하는 농도인 IC<sub>50</sub>를 구하였다.

DPPH free radical scavenging activity (%)  
 =(1-Sample absorbance/Control absorbance)×100

4) 환원력

Reducing power는 Oyaizu(1986)의 방법에 준하여 측정하였다. 증류수에 용해한 시료 2.5 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide (K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>) 2.5 mL를 가한 다음 50°C 수욕조에서 20분간 반응시켰다. 10% Trichloroacetic acid(TCA: CCl<sub>3</sub>COOH, w/v) 2.5 mL 첨가한 반응액을 95 rcf에서 10분간 원심분리 (Combi-514R, Hanil, Korea)하고 상층액 5 mL 취하여 증류수 5 mL와 혼합한 다음 0.1% Ferric chloride(FeCl<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O) 1 mL를 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력으로 나타내었으며, 흡광도 수치가 0.500 되는 농도를 IC<sub>50</sub>으로 제시하였다.

5) SOD 유사활성

SOD 유사활성의 측정은 Marklund와 Gudrun(1974)의 방법을 응용하여 실시하였다. 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 Tris-HCl buffer(50 mM tris+10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25°C에서 20분간 방치 후 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하고 아래와 같은 식에 의해 계산하여 나타내었으며, pyrogallol을 50% 소거하는 농도인 IC<sub>50</sub>를 구하였다.

SOD-like activity (%)=(1-A/B)×100

A: 시료 첨가구의 흡광도 B: 무처리구의 흡광도

6. 통계처리

실험결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, USA) 프로그램을 이용하여

&lt;Table 2&gt; Proximate composition of Lotus seed powder and Jeolpyeon

Mean±S.D.

Composition	LSP <sup>1)</sup> (%)	Jeolpyeon			F-value <sup>5)</sup>
		Control <sup>2)</sup>	LSP <sup>3)</sup>	BHT <sup>4)</sup>	
Moisture	8.88±0.21	35.93±0.33 <sup>c6)</sup>	41.53±0.7 <sup>4a)</sup>	38.47±1.3 <sup>3b)</sup>	28.786**
Crude protein	16.95±0.06	3.81±0.11 <sup>b)</sup>	4.71±0.19 <sup>a)</sup>	3.86±0.05 <sup>b)</sup>	42.623***
Crude fat	2.17±0.09	0.23±0.04 <sup>b)</sup>	0.85±0.09 <sup>a)</sup>	0.28±0.03 <sup>b)</sup>	102.022***
Crude ash	3.37±0.14	0.38±0.04 <sup>b)</sup>	1.26±0.03 <sup>a)</sup>	0.41±0.06 <sup>b)</sup>	384.517***
Crude fiber	8.14±0.08	0.14±0.02 <sup>b)</sup>	0.50±0.04 <sup>a)</sup>	0.19±0.03 <sup>b)</sup>	113.135***

<sup>1)</sup> Lotus seed powder<sup>2)</sup> Jeolpyeon prepared without Lotus seed powder<sup>3)</sup> Jeolpyeon prepared with Lotus seed powder<sup>4)</sup> Jeolpyeon added BHT<sup>5)</sup> \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001<sup>6)</sup> a-c Values with different letters within a row differ significantly (p<0.05)

&lt;Table 3&gt; The contents of total polyphenol and total flavonoid in Lotus seed powder and Jeolpyeon

Mean±S.D.

Composition	LSP <sup>1)</sup>	Jeolpyeon			F-value <sup>5)</sup>
		Control <sup>2)</sup>	LSP <sup>3)</sup>	BHT <sup>4)</sup>	
Total phenol (mg GAE/g)	298.25±0.78	9.61±0.93 <sup>c1)</sup>	37.81±0.45 <sup>a)</sup>	12.70±0.39 <sup>b)</sup>	1748.271***
Total flavonoid (mg QE/g)	98.77±0.73	6.14±0.27 <sup>b)</sup>	26.35±0.13 <sup>a)</sup>	6.45±0.22 <sup>b)</sup>	8359.869***

<sup>1)</sup> Lotus seed powder<sup>2)</sup> Jeolpyeon prepared without Lotus seed powder<sup>3)</sup> Jeolpyeon prepared with Lotus seed powder<sup>4)</sup> Jeolpyeon added BHT<sup>5)</sup> \*\*\*: p<0.001<sup>6)</sup> a-c Values with different letters within a row differ significantly (p<0.05)

통계 처리하였다. ANOVA test를 실시하여 5% 수준에서 각 시료 간에 유의성을 검증하였다. ANOVA test 후 유의적인 차이가 있는 경우에는 Duncan's multiple range test를 통해 사후검정을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 연자육 분말과 절편의 일반성분 분석

연자육 분말의 일반성분은 수분함량 8.88±0.21%, 조단백질 16.95±0.06%, 조지방 2.17±0.09%, 조회분 3.37±0.14%였다<Table 2>. Lee(2010)의 연자육 분말 일반성분이 수분함량 7.74%, 조단백질 함량 20.15%, 조지방 함량 2.11%, 조회분 함량 4.34%로 본 실험의 결과와 유사한 값을 보였다. 반면, 연자육 분말의 조섬유 함량은 8.14±0.08%로 Lee(2010)의 조섬유 함량 2.78%보다 약 4배 정도 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 연자육을 껍질째 분말화한 국내산 시료를 사용하였기에 더 높았던 것으로 판단된다. Lee(2010)의 실험에 사용된 연자육은 껍질을 제거한 중국산 연자육으로 본 실험과 시료와 차이가 있다.

연자육 절편과 대조구 절편, BHT를 첨가한 비교구 절편의 일반성분 분석결과는 <Table 2>와 같다. 연자육 절편, 대조구 절편, 비교구 절편의 수분함량은 각각 41.53±0.74%, 35.93±0.33%, 38.47±1.33%로 연자육 절편의 수분함량이 유

의적으로 높았다(p<0.01). 연자육 절편은 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유 함량이 각각 4.71±0.19%, 0.85±0.09%, 1.26±0.03%, 0.50±0.04%로 연자육 분말을 첨가함으로써 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유 함량이 유의적으로 증가하였다(p<0.001). 이와 같은 결과는 Lee(2010)의 연자육의 기능성과 제빵의 품질특성에 관한 연구와 Cho(2009)의 연의 기능성과 연 분말 첨가 떡의 품질특성의 연구와 유사한 경향을 보였다.

#### 2. 연자육 분말과 절편의 항산화 활성

##### 1) 총 폴리페놀 함량

식물에 널리 분포하고 있는 페놀성 물질은 항산화 작용, 항염 작용, 항균 작용 등 다양한 생리활성을 나타내고 있어 페놀성 물질과 항산화 활성 간의 상관관계에 대한 많은 연구들이 진행되어왔다(Hwang 등 2011). 따라서 본 연구에서는 연자육 분말의 총 폴리페놀 함량을 조사하여 항산화 활성을 탐색하는 기본자료로 사용하고자 하였다. 본 실험에서 사용한 연자육 분말의 총 폴리페놀 함량은 298.25±0.78 mg GAE/g dry powder이었다<Table 3>. 약용식물의 총 폴리페놀 함량을 조사한 Kim 등(2004)에 의한 연구에서 옥죽, 감조, 당귀, 산수유 등 20종의 약용식물의 총 폴리페놀 함량이 2.6(옥죽)~81.2(음양곽) mg GAE/g의 범위로 존재하는 것으로 보고되어, 본 실험에 쓰인 연자육 분말이 이들 약용식물

보다 약 3배정도의 폴리페놀 화합물을 포함하는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과를 살펴보면 식품의 열매와 종자가 비교적 많은 양의 폴리페놀을 함유하였다(Cha 등 1995). 따라서 연의 종자인 연자를 껍질째 열풍건조 시킨 후 분말화하였기 때문에 폴리페놀이 많이 함유되어 항산화 활성이 뛰어난 것으로 판단된다.

절편의 총 폴리페놀 함량은 대조구 절편  $9.61 \pm 0.93$  mg GAE/g, 연자육 절편  $37.81 \pm 0.45$  mg GAE/g, BHT를 첨가한 비교구 절편  $12.70 \pm 0.39$  mg GAE/g으로 연자육 분말을 첨가한 절편의 총 폴리페놀 함량이 대조구와 비교구 절편보다 약 3~4배 높았다<Table 3>.

## 2) 총 플라보노이드 함량

플라보노이드는 자연계에 널리 분포하는 담황색 또는 노란색 계통의 색소화합물로서 benzopyran 계통으로 carotenoid 색소와 함께 중요한 색소 중에 하나이다(Hertog 등 1993). 플라본을 기본 구조로 갖는 노란색 식물 색소를 총칭하는 것으로, 각종 식물의 잎, 뿌리, 열매 등에 함유되어 있다(Kuhnan 1976). 식물에는 6000종 이상의 플라보노이드가 존재한다고 알려져 있는데, 식물에 존재하는 플라보노이드는 항산화 효과, 에스트로겐 효과, 항암 효과 등 다양한 생리활성을 가지고 있는 것으로 보고되었다. 연자육 분말에 함유되어 있는 Quercetin은 토마토, 사과, 양파 등에 풍부한 플라보노이드류 계통의 화합물 중 하나로 뛰어난 항산화 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Pietta 2000).

연자육 분말의 총 플라보노이드 함량은  $98.77 \pm 0.73$  mg QE/g dry powder 이었다<Table 3>. Quercetin이 풍부하다고 알려진 육질색이 노란 양파의 Quercetin 총 함량은  $1.655$  mg/g으로 보고되었으며(Lombard 등 2005), Son & Kim (2011)의 한국 전통차의 생리활성 및 항산화 작용에 대한 연구에서 장미차와 녹차의 총 플라보노이드 함량은 각각  $75.1$ ,  $99.5$  mg QE/g였다. 본 실험에 쓰인 연자육 분말의 총 플라보노이드 함량은 녹차와 비슷한 플라보노이드 함량을 가지고 있다. 이러한 연구 결과들을 살펴보았을 때 연자육 분말은 플라보노이드가 풍부한 식품이라고 판단된다.

총 플라보노이드 함량은 대조구 절편  $6.14 \pm 0.27$  mg QE/g, 연자육 절편  $26.35 \pm 0.13$  mg QE/g, 비교구 절편  $6.45 \pm 0.22$  mg QE/g으로 유의적인 차이를 보였으며, 연자육 분말을 첨가한 최적화 절편의 총 플라보노이드 함량이 대조구와 비교구 절편보다 약 4배 정도 높았다<Table 3>.

## 3) DPPH free radical 소거 활성

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)는 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 cystein, glutathione과 같은 함 유헤아미노산과 BHA 등에 의해 환원되어 탈색되므로 다양한 천연소재로부터 항산화 물질을 탐색하는데 많이 이용되고 있다(Yu 등 2006). DPPH는 분자 내에 안정한 라디칼

<Table 4> Antioxidant activity of Lotus seed powder extract  
Mean $\pm$ S.D.

Composition	IC <sub>50</sub>
DPPH radical scavenging	158.63 $\pm$ 1.57 <sup>1)</sup>
Reducing Power	89.90 $\pm$ 0.021 <sup>2)</sup>
SOD-like activity	2.164 $\pm$ 0.38 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>IC<sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL): The values indicate 50 % inhibitory concentration of DPPH radical.

<sup>2)</sup>IC<sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL): The values indicate 0.500 increase of optical density.

<sup>3)</sup>IC<sub>50</sub> (mg/mL): The values indicate 50 % inhibitory concentration of pyrogallol auto-oxidation.

을 함유하고 있지만, 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되는데 이때의 DPPH이 감소되는 정도를 분광광도계로 측정하여 시료의 항산화 활성을 측정하고 있다(Blois 1958). 본 실험에서는 연자육 분말의 에탄올 추출물을 가지고 DPPH free radical을 50% 소거하는 농도인 IC<sub>50</sub>으로 결과를 <Table 4>에 나타내었다. 연자육 분말의 IC<sub>50</sub>은  $158.63 \pm 1.57$   $\mu$ g/mL로 Cho 등(2001)은 식용식품 항산화 연구에서 강한 유리라디칼 소거효과를 나타낸 고추잎과 고구마껍질 IC<sub>50</sub> 값이 각각  $120.12$ ,  $170$   $\mu$ g/mL를 나타낸 것과 비교했을 때 연자육 분말은 DPPH 유리 라디칼 소거능을 보유한 천연 식품소재라고 판단된다.

연자육 절편, 대조구 절편, 비교구 절편의 DPPH 자유 라디칼 소거능을 측정한 결과는 <Table 5>과 같이 시료간에 유의적인 차이를 보였다. 즉, 실험구, 대조구, 비교구 절편의 DPPH 자유 라디칼 소거능은 각각  $87.08 \pm 1.15\%$ ,  $25.39 \pm 2.48\%$ ,  $80.75 \pm 0.41\%$ 로 연자육 절편이 대조구 절편보다 약 3배 더 높은 유리라디칼 소거능을 보였다.

## 4) 환원력

환원력은 항산화력을 측정하는 방법 중 하나로 DPPH를 이용한 라디칼 소거능을 측정하는 방법과 달리 철이온의 환원력에 의한 항산화능을 측정할 수 있는 방법이다(Moon 등 2003). 항산화 작용의 다양한 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정할 수 있다. 즉, 환원력은 Fe<sup>+3</sup> 이온을 Fe<sup>+2</sup>으로 환원시키는 능력을 측정하는 방법으로 환원력이 클수록 녹색에 가깝게 발색되기 때문에 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(Nam 등 2003). 연자육 분말의 환원력을 측정하기 위하여 흡광도 수치가 0.500되는 농도를 IC<sub>50</sub>으로 나타낸 결과  $89.90 \pm 0.021$   $\mu$ g/mL였다<Table 4>. Ju 등(2006) 등의 한약재 열수추출물의 항산화 효과에 관한 연구에서 당귀와 뽕나무 잎은  $0.1$  mg/mL 농도에서 흡광도가 각각  $0.51 \pm 0.003$ ,  $0.53 \pm 0.029$ 를 보인 것과 비교해보았을 때 연자육의 환원력이 매우 높음을 확인할 수 있었다.

실험구 절편의 흡광도는  $0.61 \pm 0.01$ , 대조구의 흡광도는  $0.07 \pm 0.01$ , 비교구 절편의 흡광도는  $0.38 \pm 0.01$ 로 실험구 절

&lt;Table 5&gt; Antioxidative activity of Jeolpyeon

Composition	Jeolpyeon			F-value <sup>4)</sup>
	Control <sup>1)</sup>	LSP <sup>2)</sup>	BHT <sup>3)</sup>	
DPPH scavenging (%)	25.39±2.48 <sup>c5)</sup>	87.08±1.15 <sup>a</sup>	80.75±0.41 <sup>b</sup>	1349.329***
Reducing power (Abs)	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.61±0.01 <sup>a</sup>	0.38±0.01 <sup>b</sup>	2811.992***
SOD-like activity (%)	11.85±0.32 <sup>b</sup>	20.80±1.81 <sup>a</sup>	14.67±0.94 <sup>b</sup>	43.984***

<sup>1)</sup>Jeolpyeon prepared without Lotus seed powder

<sup>2)</sup>Jeolpyeon prepared with Lotus seed powder

<sup>3)</sup>Jeolpyeon added BHT

<sup>4)</sup>\*\*\*: p<0.001

<sup>5)a-c</sup>Values with different letters within a row differ significantly (p<0.05)

편이 비교구 절편보다 약 2배 높아 시료간에 유의적인 차이를 보였다(p<0.001)<Table 5>. 이는 생리활성 물질인 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 많은 연자육이 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 생각된다.

#### 5) SOD 유사활성

SOD(Superoxide dismutase) 유사활성은 항산화제의 superoxide 산화 억제 작용을 알아보기 위한 실험으로 원리는 superoxide와 반응하여 갈변물질을 생성하는 pyrogallol 자동산화 반응을 측정하는 것이다. 갈변물질 생성이 적고, 흡광도가 낮을수록 항산화 효과가 뛰어난 것을 나타낸다(Lee & Kim 2007). Pyrogallol 자동산화 반응을 50% 저해하는 농도인 IC<sub>50</sub>값은 2.164±0.38 mg/mL을 이었다<Table 4>. Kwon 등(2007)이 보고한 ascorbic acid의 경우 3 mg/mL에서 52%의 SOD 유사활성을 보인 결과와 비교해보았을 때 연자육은 SOD 유사활성이 우수한 것으로 판단된다.

절편의 SOD 유사활성을 측정한 결과는 <Table 5>와 같으며 시료간에 유의적인 차이를 보였다. 실험구 절편의 SOD 유사활성은 20.80±1.81%로 대조구 절편보다 약 2배 높은 SOD 유사활성을 나타내었다.

## IV. 요약 및 결론

본 연구는 연의 이용이 주로 연잎과 연근에 한정 되어 있고 상대적으로 활용도가 적은 연자육(연씨)의 이용성과 기능성을 살펴보고자 하였다. 연자육 분말을 첨가한 절편의 품질 특성과 관능적 특성의 최적화를 통해 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 연자육 분말을 첨가한 절편의 최적 제조조건을 산출하였다. 산출된 최적조건으로 제조한 연자육 절편과 연자육 분말을 첨가하지 않은 대조구 절편, BHT를 첨가한 비교구 절편으로 품질특성 및 기능성을 비교 분석하였다. 연자육의 총 폴리페놀 함량은 298.25±0.78 mg GAE/g, 총 플라보노이드 함량은 98.77±0.73 mg QE/g이었다. DPPH 라디칼의 IC<sub>50</sub>은 158.63±1.57 µg/mL, 환원력 IC<sub>50</sub>은 89.90±0.021 µg/mL SOD 유사활성의 IC<sub>50</sub>은 2.164±0.38 mg/mL로 높은 항산화 활성을 나타내었다. 식품으로서 적용효과를 보기 위

하여 대조구, 실험구, 비교구 절편을 제조한 후 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 항산화 활성을 측정하였다. 연자육 절편의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 각각 37.81±0.45 mg GAE/g, 26.35±0.13 mg QE/g로 대조구와 비교구 절편보다 약 3~4배 높았다. 연자육 절편의 DPPH 유리라디칼 소거능은 87.08±1.15%로 대조구 절편보다 3배 더 높았으며, 환원력은 0.61±0.01, SOD 유사활성은 20.80±1.81%로 비교구 절편보다 약 2배 더 높았다. 이는 생리활성 물질인 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 많은 연자육이 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 보인다.

#### ■ 참고문헌

- 박성현. 2006. 현대실험계획법. 민영사. 서울. p 2-524  
 식품의약품안전청. 2011. 식품공전  
 AOAC. 2000. The official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA  
 Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 181:1199-1204  
 Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 181:1199-1200  
 Cha JY, Kim HJ, Chung CH, Cho YS. 1995. Antioxidative Activities and Contents of Polyphenolic Compound of Cudrania tricuspidata. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(6): 1310-1315  
 Cho SY, Han YB, Shin KH. 2001. Screening for Antioxidant Activity of Edible Plants. J Korean Soc Food Sci Nutr 30(1):133-137  
 Cho TO. 2009. Functional of Lotus (*Nelumbo nucifera*) and Quality characteristics of Korean Rice Cake. PhD Dissertation. Sejong University, Seoul, Korea  
 Gua J, Han W, Shim TH, Sa JH, Wang MH. 2006. Studies for component analysis, antioxidative activity and α-glucosidase inhibitory activity from Equisetum arvense. J Korean Soc Appl Biol Chem. 49:77-81  
 Hertog MGL, Feskens EJM, Hollman PCH, Katan MB, Kromhout D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study.

- Lancet. 342:1007-1011
- Hwang CR, Hwang IG, Kim HY, Kang TS, Kim YB, Joo SS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Antioxidant component and activity of dropwort (*Oenanthe Javanica*) ethanol extracts *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:316-320
- Hwang JB, Yang MO, Shin HK. 1998. Survey for amino acid of medical herbs. *Korean J Food Sci. Tec.* 30:35-41
- 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
- Ju JC, Shin JH, Lee SJ, Cho HS, Sung NJ. 2006. Antioxidative Activity of Hot Water Extracts from Medicinal Plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35(1):7-14
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36:333-338
- Kim YS, Chun SS, Tae JS, Kim RY. 2002. Effects of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18:573-578
- Kuhnan J. 1976. The flavonoids. A class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Rev Nutr Diet* 24:117-191
- Kwon GJ, Choi DS, Wang MH. 2007. Biological Activities of Hot Water Extracts from *Euonymus alatus* Leaf. *Korean J Food Sci Technol* 39(5):569-574
- Lee BG. 2010. Quality Characteristics of White Pan Bread by Lotus (*Lotus seed*) Seeds Powder). *PhD Dissertation*. Yeongnam University, Daegu, Korea. p 48-49
- Lee HS, Jang MS. 2005. A study on quality characteristics and storage of Julpyun affected by Chungmirae(*Smilax china L*) leaf powder. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 21(4): 482-489
- Lee MY, Kim JG. 2007. Quality characteristics of Jeolpyeon by different ratios of Lycil fructus powder. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 23(6):818-823
- Ling ZQ, Xie BJ, Yang EL. 2005. Isolation, characterization and determination of antioxidative activity of oligomeric procyanidins from the seeds of Lotus seed Gaertn. *J Agric Food Chem* 53:2441-2445
- Liu CP, Tsai WJ, Lin YL, Liao JF, Chen CF, Kuo YC. 2004. The extracts from Lotus seed suppress cell cycle progression, cytokine genes expression and cell proliferation in human peripheral blood mononuclear cell. *Life Science* 75:699-716
- Lombard K, Peffley E, Geoffriau E, Thompson L, Herring A. 2005. Quercetin in onion (*Allium cepa L.*) After heat-treatment simulating home preparation. *J Food Compos Anal* 18:571-581
- Marklund S, Gudrun M. 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
- Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and antioxidative activities of buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Korean J Food Sci Technol* 35:493-498
- Nam SH, Chang SM, Kang MY. 2003. Varietal difference in antioxidative activity of ethanolic extracts from colored rice bran. *J Korean Agric Chem Biotechnol* 46:16-22
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: anti antioxidant activity of products of browning reaction prepared from glucose amine. *Jpn J Nutr* 44:307-315
- Paik JK. 2003. Sensory and textural characteristics of buckwheat Jeolpyon. *PhD Dissertation*. Sejong University, Seoul, Korea
- Pietta PG. 2000. Flavonoids as antioxidants. *J Nat Prod.* 63:1035-42
- Seo JH, Choi YH, Yoo MY, Hong KS, Lee BH. 2006. Isolation of dihydrophaseic acid from seed extract of Lotus seed. *Korean J. Pharmacogn* 37:290-293
- Shin EH. 2009. Compound analysis and antioxidant activity of pueraria flos. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(9):1139-1144
- Son YS, Kim TO. 2011. Antioxidative and Physiological Activities of Traditional Korean Teas. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 27(5):567-575
- Song JE, Han JS, Kweon SH. 1997. A study on the perception and purchase of bread by college students in the Taegu area. *J Resource Development* 16:97-107
- Swain T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric* 10:63-68
- Takamatsu S, Hodges TW, Rajbhandari I, Gerwick WH, Hamann MT, Nagle DG. 2003. Marine natural products as novel antioxidant prototypes. *J Nat Prod* 66: 605-608
- Yi D, Yong P, Li W. 2005. Chinese functional food. New Word Press. Chinese
- Yim MH, Hong TG, Lee JH. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of fermentation and ethanol extracts of pine needles (*Pinus densiflora*). *Food Sci Biotechnol* 15:582-588
- Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, Lee IS. 2006. Components and their Antioxidative activities of methanol extracts from Sarcocarp and seed of *Zizyphus jujuba* var. *inermis* Rehder. *Korean J Food Sci Technol* 38(1):128-134