

# 국내산 품종의 녹두껍질 추출물의 산화방지활성에 미치는 추출방법의 영향

노준희<sup>1</sup> · 김향숙<sup>2</sup> · 이경애<sup>3</sup> · 신말식<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>충북대학교 식품영양학과

<sup>3</sup>순천향대학교 식품영양학과

## The Antioxidant Activities of the Korean Variety Mung Bean Hull Extracts as Dependent on the Different Extraction Methods

Jun Hee No<sup>1</sup>, Hyang Sook Kim<sup>2</sup>, Kyong Ae Lee<sup>3</sup> and Malshick Shin<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Chungbuk National University

<sup>3</sup>Department of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang University

### Abstract

In comparison of the antioxidant activities by the different extraction methods of the domestic mung bean varieties, 'Geumsung', 'Dahyeon', 'Sohyeon', and 'Eohul', were soaked and dehulled, with the extracts obtained by using 80% ethanol at room temperature or heated. The mung bean hull was freeze-dried, ground, and passed through 100 mesh sieve. The moisture content of the hull powder ranged from 1.70 to 3.15%. The total dietary fiber content ranged from 84.42 to 88.47%, with the *Sohyeon* hull showing the highest value. The L value of *Geumsung* hull (62.93) was the highest, and the a value of *Sohyeon* hull (-1.69) was the lowest ( $p < 0.05$ ). The color difference was the highest in *Dahyeon* hull (42.52) and lowest in *Geumsung* hull (38.52). The *Eohul* hull's chlorophyll a and b contents were the highest with the 80% ethanol extract by heating (10.55 and 6.12  $\mu\text{g/mL}$ , respectively), but the *Sohyeon* hull showed the highest in 80% ethanol extract at room temperature (7.63 and 3.93  $\mu\text{g/mL}$ , respectively). The total phenolic and total flavonoid contents of the ethanol extracts were significantly different between the varieties regardless of the extraction temperature. The hull extract from the heating extraction was higher in *Eohul* than in other varieties, and was the lowest in the *Dahyeon* variety. The extract from *Sohyeon* hull at room temperature showed the highest contents of total phenolic and flavonoid contents. In the mung bean hull extract by heating, DPPH and ABTs radical scavenging activity ranged from 13.49-16.75% and 22.93-39.42% respectively and those at room temperature ranged from 39.86-41.88% and 49.71-70.92%. The reducing powers of extracts by heating ranged from 7.29 to 9.36 mg BHT/g hull, and at room temperature, they ranged from 19.90 to 20.97 mg BHT/g hull. Our results indicate that different extraction methods influenced antioxidant activities in the domestic mung bean varieties.

Key words : Korean mung bean variety, mung bean hull, extract method, antioxidant activity, total dietary fiber

## 1. 서론

식품은 물리·화학적·생물학적 작용에 의해서 변질이 일

어난다. 산화방지제는 free radical을 함유한 유지나 유기물에 전자나 수소를 공여하여 radical을 소거하여, 음식의 산패나 자동산화, 변색과 가치저하 등을 막아주는 역할을 하므로 산화방지활성을 갖는 산화방지제를 사용하고 있다(신동화 1995). 산화방지제는 합성 산화방지제와 천연 산화방지제로 나눌 수 있고, 합성 산화방지제는 BHA(butylated hydroxyanisole), BHT(butylated hydroxytoluene), TBHQ(t-butyl hydroquinone), PG(propyl gallate) 등으로 천연 산화방지제에 비해 저렴하고 효과적이므로 널리 사용되어지고 있지만, 이들은 안전성과 독

<sup>†</sup>Corresponding author: Malshick Shin, Dept. Food and Nutrition, Chonnam National University  
Tel: +82-62-530-1336  
Fax: +82-62-530-1339  
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

성에 대한 우려를 가지고 있어 최근에는 천연 산화방지제의 개발에 관심을 가지고 있는 실정이다(Lee SC 등 2006, Duh PD 등 1997, Lai F 등 2010, 신동화 1995). 그러므로 조리, 가공이나 저장 중의 식품의 산패나 품질 저하 등의 산화를 억제 해주는 천연 산화방지제의 개발과 활용은 필수적이다.

녹두는 콩과(Leguminosae)에 속하는 아열대성 작물로 우리나라는 위도에 따라 기능성 성분 함량 차이가 뚜렷한 특징을 가지고 있다(Kim DK 등 2008, Kim DK 등 2010). 녹두는 우리나라뿐 아니라 중국 등의 아시아 지역에서 오랫동안 이용되어왔고, 식미가 독특하여 콩과 식품 중 콩과 팥 다음으로 이용도가 높아 녹두전, 묵, 국수, 죽, 고물, 전병, 숙주나물 형태 등으로 이용하고 있다(Wang SY 등 2004, Jin YI 등 2010, Li H 등 2012). 녹두는 대두나 강낭콩과 비교하여서 비타민과 무기질, 필수 아미노산도 더 풍부하며, 플라보노이드, 페놀성 화합물 등의 기능성 성분이 특정 부위에 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Kim DK 등 2008, Lai F 등 2010). 녹두의 ethanol이나 물 추출물에는 vitexin과 isovitexin이 존재하고, 이들 물질은 산화방지작용과 국부 항염증 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Jeong SJ 등 1998, Kim DK 등 2005, Peng X 등 2008, Kim DK 등 2009, Kim DK 등 2010). 녹두 껍질의 메탄올 추출물 또한 자유타디칼 소거 활성과 지질 과산화, 비 지질성 산화적 손상 저해제로 작용하는 기능을 하며 선행 연구들에서는 녹두 껍질에 산화방지 물질이 존재할 것으로 보고 되었다(Duh PD 등 1997, Lai F 등 2010). 하지만 녹두 껍질의 산화방지 활성에 관한 조사는 물론 국내산 녹두의 품종에 대한 산화방지 효과의 조사도 미흡한 실정이다.

녹두묵이 저열량 식품인 것은 물론 녹두묵의 기능성을 증가하여 탕평채를 세계적인 한식으로 개발하기 위하여 녹두로부터 얻을 수 있는 산화방지활성 물질을 녹두껍질로부터 확인하고자 하였다. 클로로필을 함유한 녹두껍질의 산화방지활성은 추출 용매로 메탄올과 에탄올 및 물 등을 사용하며, 가열법이나 초음파 추출법, 상온 추출법 등 다양하게 이용하고 있으며 추출방법에 따른 차이가 보이고 있다(Koh KJ 등 1997, Duh PD 등 1997, Peng X 등 2008, Wang SY 등 2004, Lai F 등 2010, Jin YI 등 2010, Li H 등 2012). 녹두는 일반적으로 가열 조리하여 섭취하게 되므로 녹두껍질에 들어있는 생체조절 물질도 가열 처리방법으로 추출하여 실온 추출방법과 비교하는 것은 매우 의미 있는 일이다.

그래서 본 연구에서는 국내에서 최근에 육종 개발 4가지 녹두 품종인 금성, 다현, 소현, 어울 녹두를 구하여 녹두껍질을 분리하고 녹두껍질에 함유된 산화방지활성물질을 가열조건과 실온에서 80% ethanol로 추출하여 클로로필 함량, 산화방지 활성물질 함량 및 산화방지활성을 평가하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

2011년에 수확된 금성, 다현, 소현, 어울 등 국내에서 육종

개발된 4가지 품종의 녹두를 전남농업기술원 쌀 연구소로부터 구입하여 사용하였다. 총식이섬유 함량은 TDF kit를 Sigma-Aldrich Chemical Co, St. Louis MO, USA에서 구입하여 사용하였고, N,N-dimethylformamide은 Daejung Chemicals & Metals Co. Ltd, Korea, Folin-Ciocalteu reagent는 Wako Pure Chemical Industries, Ltd, Japan에서 구입하였다. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTs), trichloroacetic acid(TCA), quercetin, butylated hydroxytoluene(Kocher, BHT)은 Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis MO, USA에서 구입하였고, gallic acid는 Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd, Kyoto Japan, L(+)-ascorbic acid(vitamin C)는 Junsei Chemical Co, Ltd, Japan에서 구입하여 실험에 사용하였다.

### 2. 녹두껍질의 분리 및 추출물 제조

녹두를 씻어 깨끗한 것을 선별한 다음 증류수에 수침하여 알맹이가 완전히 팽윤된 상태에서 껍질을 알맹이와 손으로 분리하고 껍질만을 모아 급속동결(-80℃)시킨 후 동결 건조기(Freeze dryer, FD 5505, Vision, Korea)를 이용하여 건조시켰다. 건조 후 분쇄 하여 100 mesh 체에 내려 실험에 사용하였다.

속실판을 이용한 80% ethanol 가열처리 추출물은 녹두껍질 10 g으로 제조하였다. 녹두 껍질 10 g(건량 기준)을 원통여과지에 넣고 80% ethanol 100 mL를 용매로 속실판 장치를 이용하여 80℃ 이상에서 10시간 동안 추출하여 추출물만을 모았다. 추출물은 35℃의 water bath에서 온도를 일정하게 유지시키며 농축기(Eyelan-1100, Shanghai Eyela Co., LTD, China)를 이용하여 농축하여서 100 mL로 정용하였다.

80% ethanol 추출물은 녹두 껍질 2 g 건량과 50 mL의 80% ethanol을 이용하여 제조하였다. 먼저 20 mL의 80% ethanol을 녹두 껍질에 첨가한 후 한 시간마다 흔들면서 상층액을 피펫을 이용하여 모았다. 10 mL씩 같은 방법을 사용하여 80% ethanol을 첨가하는 방식으로 약 4시간동안 녹두 껍질의 성분을 추출하였다. 추출물을 모아 Whatman No.2 여과지를 이용하여 진공 여과 시켜 50 mL로 정용하여 추출물을 제조하였다.

### 3. 수분함량 및 식이섬유 측정

분리한 녹두껍질의 수분함량은 105±5℃의 상압건조방법으로 분석하였고, 식이섬유는 AOAC 방법으로 total dietary fiber assay kit를 이용하여 enzyme-gravimetric 방법으로 측정하였다.

### 4. 녹두껍질의 색도 측정

녹두껍질 분말의 색도는 색도계(Spectra magic™NX, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter의 L(lightness)값,

$\pm a$ (redness/greenness)값 및  $\pm b$ (yellowness/blueness)값을 3회 반복 측정해서 그 평균값으로 나타내었고, 기기는 L=96.81, a=-0.09, b=-0.18인 표준 백색판으로 보정하여 사용하였다. 색차( $\Delta E$ )는 백색판을 기준으로  $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$  식에 의해 계산하였다.

### 5. 추출 방법별 클로로필 함량 측정

녹두 껍질 추출물의 클로로필 함량은 Zarco-Tejada PJ 등 (2004)의 방법을 변형하여 사용하였다. 녹두 껍질 추출물 2 mL를 3 mL의 N,N-dimethylformamide와 교반한 후, UV-Vis spectrophotometer(Optizen pop, Mecasys Co., Ltd, Korea)를 이용하여 400~700 nm 범위의 흡광도를 0.5 nm 단위로 측정하였다. 클로로필 a와 b, a/b 비율은 Wellburn AR(1994)의 실험을 이용하여 분석하였다. UV-Vis spectrophotometer를 이용하여 663.8 nm와 646.8 nm의 흡광도를 측정한 후, 다음 계산식을 이용하여 클로로필 a와 b 함량을 계산하여 나타내었다.

$$\begin{aligned} \text{Chlorophylls a} &= 12 \cdot A_{663.8} - 3.11 \cdot A_{646.8} \\ \text{Chlorophylls b} &= 20.78 \cdot A_{646.8} - 4.88 \cdot A_{663.8} \end{aligned}$$

### 6. 총 페놀함량 측정

총 페놀함량(total phenolic content)은 Folin-Ciocalteu reagent 시약을 이용하여 Jin YI 등(2010) 방법을 변형하여 실험에 사용하였다. 녹두 껍질 추출물 0.1 mL에 증류수 0.9 mL을 섞고, Folin & Ciocalteu's reagent 0.1 mL를 넣고 혼합하여 5분간 방치하였다. 7% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 혼합하여 실온에서 1시간 방치 후 UV-Vis spectrophotometer로 716 nm에서 흡광도를 측정하여, 페놀 함량을 표준곡선으로부터 계산하였다. 시료와 같은 방법으로 gallic acid를 이용하여 표준곡선식을 작성하였고, 표준곡선식은  $Y = 52.063x - 0.0033$ 로 상관도 ( $R^2 = 0.9998$ )가 매우 높았다. 이 때 x는 100 mL 당 gallic acid g이고 Y는 716 nm의 흡광도 값이다.

### 7. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량(Total flavonoid content)은 Jin YI 등 (2010)의 방법에 준하여 측정하였다. 녹두 껍질 추출물 1 mL와 증류수 4 mL를 혼합하였고, 5% NaNO<sub>2</sub> 0.3 mL을 반응시켜서 5분간 반응시켰다. 10% AlCl<sub>3</sub> 0.3 mL와 1 M NaOH 2 mL, 증류수 2.4 mL을 넣고 섞어준 후 UV-Vis spectrophotometer를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하여 quercetin과 비교하여 시료의 총 플라보노이드 함량을 g 당 quercetin 함량으로 환산하여 표시하였다.

### 8. DPPH radical 소거능

녹두 껍질 추출물의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라

디칼 소거능을 확인하기 위하여 Lee KJ 등(2010), Oh JH 등 (2004)의 실험방법에 준하여 실시하였다. DPPH 2.1 mL에 ethanol 1.3 mL, 추출물 0.6 mL를 섞고 30분간 반응시킨 후에 UV-Vis spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 ascorbic acid와 비교하여 1% 추출물 용액의 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였다.

### 9. ABTs radical 소거능

녹두 껍질 추출물의 ABTs(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) 라디칼 소거능은 Re R 등 (1999)의 방법에 준하여 실시하였다. ABTs radical cation을 증류수에 녹여 7 mM ABTs radical을 만든 다음 2.45 mM potassium persulfate와 혼합하여 실온 암소에서 24시간 동안 방치하여 라디칼을 형성시켰다. ABTs와 potassium persulfate 혼합 용액을 PBS에 희석하여 ABTs 용액(v:v=48.5:1.5)을 만들었다. ABTs 용액 1980  $\mu$ L에 녹두 껍질 추출물 20  $\mu$ L를 첨가하여 실온에서 10분간 방치한 후, UV-Vis spectrophotometer를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하여 BHT(butylated hydroxytoluene, Kocher)와 비교하여 1% 추출물 용액의 ABTs 라디칼 소거능을 확인하였다.

### 10. 환원력 측정

녹두 껍질 추출물의 환원력(reducing power)은 Lai F 등 (2010)의 방법을 변형하여 사용하였다. 200 mM의 sodium phosphate buffer(pH 6.6) 1.25 mL와 1% potassium ferricyanide 1.25 mL에 샘플 1 mL를 섞은 후 50℃의 water bath에서 20분간 반응시켰다. 10% trichloroacetic acid 1.25 mL를 첨가한 후 10분간 4℃에서 반응시킨 후, 반응시킨 용액 2.5 mL을 채취하여 증류수 5 mL와 0.1% ferric chloride 1.25 mL를 섞어서 반응시켰다. UV-Vis spectrophotometer를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하여 BHT와 비교하여 환원력을 확인하였다.

### 11. 통계처리

모든 실험의 결과는 SPSS 12.0K(SPSS Inc., USA)를 이용하여 통계처리 하였고 ANOVA(Analysis of Variance)와 Duncan's multiple-range test로 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 녹두껍질의 수분함량 및 식이섬유

녹두난알에서 분리시켜서 동결 건조하여 100 mesh를 통과한 녹두껍질 분말을 이용하여 수분함량과 식이섬유를 측정한 결과는 Table 1과 같았다. 녹두껍질의 수분함량은 1.70-3.15%로 품종별로 유의적인 차이를 보였다. 식이섬유 함량은

84.42-88.47%로 소현 녹두 껍질이 88.47%로 식이섬유를 가장 많이 함유하고 있었고, 다현 녹두 껍질이 84.42%로 유의적으로 가장 적었다. 녹두 껍질의 식이섬유 함량은 약 85%로 전체 녹두의 식이섬유 함량에 있어 껍질에 식이섬유 함량이 높아 녹두묵을 제조할 때 녹두껍질 분말을 전분과 함께 사용하면 저 열량 식품인 녹두묵의 색깔을 개선하고 식이섬유 함량도 증가할 수 있어 기능성이 향상된 녹두묵을 탕평체에 이용할 수 있을 것으로 생각되었다.

Table 1. Moisture and total dietary fiber contents of mung bean hull from four different Korean varieties

Mung bean hull	Moisture contents (%)	Total dietary fiber (%)
Geumsung	1.74±0.06 <sup>b1)</sup>	87.11±1.01 <sup>ab</sup>
Dahyeon	2.67±0.41 <sup>a</sup>	84.42±0.92 <sup>c</sup>
Sohyeon	1.70±0.05 <sup>b</sup>	88.47±0.05 <sup>a</sup>
Eohul	3.15±0.07 <sup>a</sup>	85.92±0.16 <sup>bc</sup>

Data represents mean±SD.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

## 2. 녹두 껍질의 색도

녹두 껍질 가루의 색도를 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 명도 L 값은 58.56~63.20으로 품종별로 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 금성 녹두 껍질의 색이 가장 밝았으며, 다현 녹두 껍질이 가장 어두운 색을 나타냄을 알 수 있었다. 적색도/녹색도를 나타내는 ±a 값은 -1.68~0.01로, 다현 품종이 0.01로 다른 품종에 비해서 조금 더 적색을 나타내고 소현 품종이 더 녹색을 나타내었다. 황색도/청색도를 나타내는 ±b 값은 17.97~18.53으로 어울 껍질이 가장 황색을 나타냄을 알 수 있었다. 색차를 나타내는 ΔE 값은 백색판을 기준으로 할 때의 색 차이로(Park SJ 등 2011), 다현 껍질이 42.52로 가장 높았고, 금성 껍질이 가장 낮아 38.21로 품종 간에 유의적인 차이를 보였다.

Table 2. Hunter L, a, and b values of mung bean hull powder with different varieties

Mung bean hull	L	a	b	ΔE
Geumsung	63.20±0.09 <sup>a1)</sup>	-1.12±0.06 <sup>c</sup>	17.97±0.13 <sup>c</sup>	38.21±0.07 <sup>d</sup>
Dahyeon	58.56±0.46 <sup>d</sup>	0.01±0.06 <sup>a</sup>	18.40±0.23 <sup>ab</sup>	42.52±0.33 <sup>a</sup>
Sohyeon	61.88±0.13 <sup>b</sup>	-1.68±0.10 <sup>d</sup>	18.26±0.64 <sup>bc</sup>	39.54±0.29 <sup>c</sup>
Eohul	60.08±0.10 <sup>c</sup>	-0.83±0.04 <sup>b</sup>	18.53±0.25 <sup>a</sup>	41.23±0.20 <sup>b</sup>

Data represents mean±SD.

L, ±a, ±b, and ΔE mean lightness, redness/greenness, yellowness/blueness, and color difference, respectively.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

## 3. 추출 방법별 클로로필 함량

80% ethanol로 가열 추출한 녹두 껍질 추출물과 80% ethanol로 실온에서 추출한 녹두껍질 추출물의 클로로필 함량을 알아보기 위해 추출물의 400-700 nm 흡광도를 0.5 nm 단위로 스캔한 결과는 Fig. 1과 같았다. 80% ethanol의 상온 추출물은 500 nm 이하에서는 녹두 껍질의 품종마다 다른 양상을 나타냄을 알 수 있었고, 665 nm 부근에서 피크점을 나타내었다. 80% ethanol로 가열 추출한 껍질 추출물은 600-650 nm에서 다른 추출물보다 다현 품종이 낮은 흡광도 값을 보였다. 클로로필 a와 b 함량을 측정된 결과는 Table 3과 같았다. 80% ethanol로 가열한 추출물은 어울 품종이 클로로필 a, b의 함량이 높게 나타났고, 금성과 다현 품종이 가장 적은 양을 보였다. 클로로필 b도 어울이 가장 많았고, 다현이 가장 낮게 나타났다. 어울을 제외한 나머지 품종의 상온 추출물은 클로로필 a, b의 함량이 가열 추출한 추출물보다 높게 나타났다. 어울은 페놀성 화합물함량뿐만 아니라 클로로필에 의해 항산화활성이 영향을 받을 것으로 생각되었다. 시금치를 질소로 충전한 기체 조성으로 8일간 빛이 없는 조건에서 저장하였을 때, 온도를 20℃에서 60℃로 올리면 시금치의 클로로필 a의 함량은 547.05 mg/100 g dry weight에서 209.45 mg/100 g dry weight로 유의성 있게 감소하였다고 하였다(Lee SH 등 2001). 이는 저장 온도를 높이면 클로로필 성분의 분해가 빨라지는 것으로, 80% ethanol로 상온과 가열 추출한 추출물의 흡광도 차이는 클로로필 성분의 산화가 촉진됨으로써 색의 변화를 가져왔기 때문으로 생각되었다.

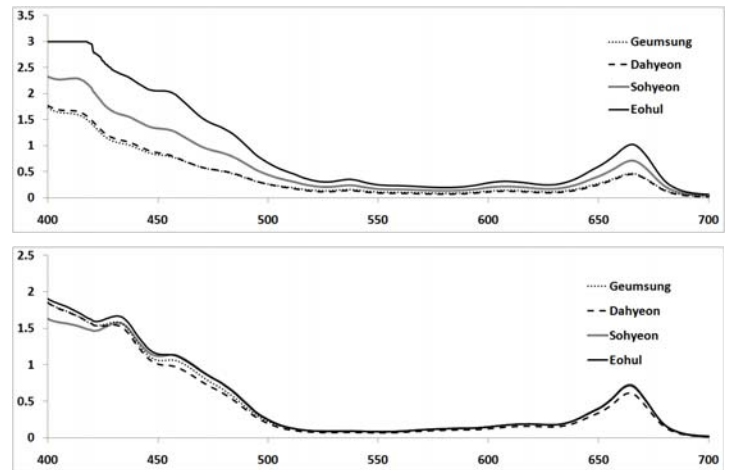


Fig. 1. Absorbance of chlorophyll of 80% EtOH extracted at room temperature (top) and by heating (down) from four different mung bean hulls.

Table 3. Chlorophyll a and b amounts and ratio of chlorophylls of mung bean hull extracts

Mung bean hull extract	Chlorophyll content		
	Chlorophyll a	Chlorophyll b	chl a/b ratio
80% EtOH extract by heating			
Geumsung	4.83±0.04 <sup>c1)</sup>	2.69±0.03 <sup>c</sup>	1.80±0.00 <sup>b</sup>
Dahyeon	4.72±0.02 <sup>c</sup>	2.26±0.02 <sup>d</sup>	2.09±0.01 <sup>a</sup>
Sohyeon	7.39±0.17 <sup>b</sup>	4.01±0.19 <sup>b</sup>	1.85±0.13 <sup>b</sup>
Eohul	10.55±0.01 <sup>a</sup>	6.12±0.02 <sup>a</sup>	1.72±0.01 <sup>b</sup>
80% EtOH extract at rt.			
Geumsung	7.46±0.10 <sup>a</sup>	4.01±0.04 <sup>a</sup>	1.86±0.00 <sup>d</sup>
Dahyeon	6.43±0.03 <sup>b</sup>	3.28±0.02 <sup>d</sup>	1.96±0.00 <sup>b</sup>
Sohyeon	7.63±0.01 <sup>a</sup>	3.93±0.01 <sup>b</sup>	1.94±0.00 <sup>c</sup>
Eohul	7.49±0.07 <sup>a</sup>	3.80±0.03 <sup>c</sup>	1.97±0.00 <sup>a</sup>

Data represents mean±SD.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

#### 4. 추출 방법별 산화방지 활성

##### 1) 총 페놀함량

총 페놀함량은 산화방지능력과 매우 높은 상관성을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Lee SC 등 2006, Duh PD 등 1997, Kanatt SR 등 2011). Gallic acid 표준곡선에 대하여 추출 방법에 따른 녹두 껍질 추출물의 총 페놀함량을 환산한 결과는 Table 4와 같았다. DPPH 라디칼 소거능으로 나타내는 산화방지 활성을 좌우하는 중요한 인자 중의 하나인 총 페놀 함량은 80% ethanol로 가열 추출한 녹두 껍질 추출물에 비하여 80% ethanol로 상온에서 추출한 추출물이 높았고, 이를 통해서 추출온도가 페놀 화합물 조성에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 총 페놀함량은 다른 품종에 비해 소현 녹두 껍질 추출물이 높게 나타났고, 다현 녹두 껍질 추출물에서 가장 낮게 나타나는 경향을 보였다. 소현 녹두 껍질 가열 추출물은 100 mL당 4.08 mg gallic acid/g mung bean hull, 상온 추출 추출물은 10.27 mg gallic acid/g mung bean hull로 페놀함량을 보였다. 어울 품종은 가열 추출한 추출물이 다른 품종보다 더 높은 페놀함량을 보였고, 이는 클로로필 함량과도 유사한 결과였다. 선행 연구에서 2% 녹두 추출물의 총 페놀 함량은 1186-1493 μg/g이었고(Jin YI 등 2010), 콩과작물의 페놀함량을 low(<1.0 mg GAE/g), moderate(1.0-2.0 mg GAE/g), high(>2.0 mg GAE/g)로 분류하면, 병아리콩, 나방콩, 렌즈콩은 낮은 함량을, 녹두와 비둘기콩, 검정콩 등은 중간정도의 함량을 페누그릭과 대두 등은 높은 페놀함량을 나타내었다고 보고하였다(Marathe SA 등 2011). 페놀 화합물과 에스테르와 같은 그들 유도체의 산화방지능력은 분자에서 하이드록실 그룹의 수에 의존적이다 (Rajaei A 등 2010). 본 실험에서 80% ethanol로 가열 추출한 추출물의 총 페놀함량은 2.65-5.00 mg gallic acid/g mung bean hull, 상온 추출한 추출물은 7.01-10.27 mg gallic acid/g mung bean hull의 범위로 나타났다. Siddhuraju P(2006) 등의 연구에 따르면 가열 건조한 나방

콩이 생것에 비해 더 낮은 페놀 함량을 나타내었는데, 이는 세포벽 다당류 복합체를 포함하는 불용성 탄닌-단백질과 탄닌-전분의 형성에 의한 페놀성분의 낮은 추출 때문이라고 하였다. 이를 통해서 가열 추출한 녹두 껍질 추출물의 경우 녹두 껍질의 페놀성분이 가열에 의한 영향으로 조성이 변화했음을 알 수 있었다.

Table 4. Total phenolic and flavonoid contents of mung bean hull extracts from different varieties

Mung bean hull extract	Total phenolic content	Total flavonoid content
	mg gallic acid/g mung bean hull	g quercetin/g mung bean hull
80% EtOH extract by heating		
Geumsung	3.42±0.16 <sup>c1)</sup>	0.02±0.00 <sup>c</sup>
Dahyeon	2.65±0.03 <sup>d</sup>	0.01±0.00 <sup>d</sup>
Sohyeon	4.08±0.08 <sup>b</sup>	0.03±0.00 <sup>b</sup>
Eohul	5.00±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.00 <sup>a</sup>
80% EtOH at rt.		
Geumsung	9.46±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>ab</sup>
Dahyeon	7.01±0.07 <sup>d</sup>	0.04±0.00 <sup>c</sup>
Sohyeon	10.27±0.39 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>
Eohul	8.41±0.35 <sup>c</sup>	0.05±0.00 <sup>b</sup>

Data represents mean±SD.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

##### 2) 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Table 4와 같았고 quercetin g당 총 플라보노이드 함량은 가열 추출한 추출물이 0.01-0.04 g quercetin/g mung bean hull, 상온에서 80% ethanol로 추출한 추출물이 0.04-0.07 g quercetin/g mung bean hull로 더 높게 나타났고 품종에 따른 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 소현 녹두 껍질 상온 추출물이 0.07 g quercetin/g mung bean hull로 높은 값을 나타냈고 가열 추출한 경우 어울 품종의 총 플라보노이드 함량이 0.04 g quercetin/g mung bean hull 높게 나타났다. 총 페놀함량과 유사하게 어울 품종은 가열 추출한 추출물이 다른 품종에 비해 높은 총 플라보노이드 값을 나타내었고, 상온 추출한 추출물은 소현이 가장 높은 값을 나타내었다. 이 결과를 통해서 어울 녹두 껍질의 페놀이나 플라보노이드 물질이 열처리에 강하다는 것을 알 수 있었다. 모든 품종에서 가열 추출한 추출물이 상온에 비해 상대적으로 낮은 플라보노이드 함량을 보이는데, 이는 열처리로 인해서 높은 산화방지 특성을 가지는 아글리콘플라보노이드의 글루코사이드 결합이 깨지기 때문으로 생각해 볼 수 있으며 (Nithiyantham S 등 2012) 일부는 함유된 클로로필에 의해 가열과정 중에 산화를 억제할 수 있을 것으로도 생각되었다. 또한 Kim DK 등(2005)은 녹두의 플라보노이드는 vitexin과 isovitexin으로 구성되어 있고, 이 두 화합물은 산화방지능과 국부 소염능을 가진다고 하였다. 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 결과를 통해서 소현 녹두 껍질의 산화방지 활성이 가장 좋을 것으로 기대되었다.

3) DPPH radical 소거능

DPPH는 안정한 자유라디칼로 자유라디칼 소거 활성을 조사할 때 사용되며, 이 반응에서 산화방지제에 의해서 보라색에서 노란색으로 색 변화가 유도된다(Lai F 등 2010). 녹두 껍질 추출물의 산화방지 능력을 확인하기 위하여 실험한 DPPH 라디칼 소거활성능력은 Fig. 2에 나타내었다. 가열처리한 녹두 껍질 추출물과 80% ethanol 상온 추출물 모두 녹두 품종 간에 유의적인 차이를 보였다. 가열 처리한 추출물은 다현 녹두 껍질 추출물이 13.48%로 라디칼 소거 활성이 가장 낮게 나타났고, 80% ethanol로 상온에서 추출한 경우 DPPH 라디칼 소거능은 소현 녹두 껍질이 41.88%로 가장 높고 다현이 39.86%로 가장 낮게 나타났다. Lai F 등(2010)의 연구에서 초음파 처리한 녹두 껍질로부터 추출한 수용성 다당류로 DPPH 라디칼 소거활성을 조사하였을 때, 0.8 mg/mL에서 가장 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보였고, 이는 녹두 껍질에서 추출한 수용성 다당류가 자유라디칼에 전자를 제공할 수 있고 이로 인해서 라디칼 체인 반응이 종료된다고 보고하였다. 또한 Duh PD 등(1997)의 메탄올 추출한 녹두 껍질의 산화방지 활성을 알아보는 실험에 따르면 녹두 껍질 추출물은 수소 제공능이 있어서 자유라디칼의 저해제로 작용할 수 있다고 했다. 이러한 결과를 토대로 녹두 껍질 추출물은 산화방지제로서의 가치가 있을 것으로 생각되었다.

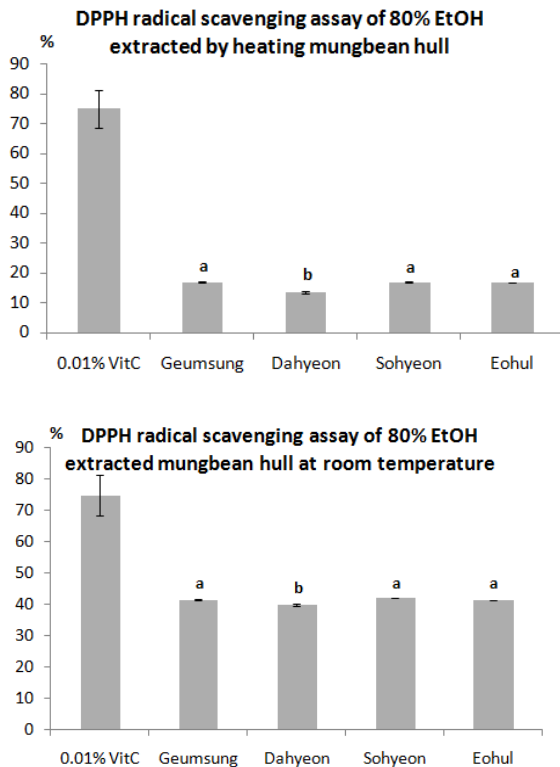


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of mung bean hull extracts by different extracting temperature compared using control as 0.01% Vitamin C.

4) ABTs radical 소거능

ABTs 라디칼 소거능은 Fig. 3과 같았다. DPPH 라디칼 소거능과 유사하게 가열 추출한 녹두 껍질 추출물의 소거 활성은 어울 품종이 39.42%로 가장 높게 나타났고, 다현과 금성이 각각 22.93과 24.78%로 유의적으로 낮게 나타났다. 상온에서 처리한 추출물에서는 소현 품종의 소거 활성이 70.92%로 가장 높은 활성을 보였고, 다현과 어울이 49.71와 59.42%로 유의적으로 낮게 나타났다. 이는 앞선 총 페놀과, 총 플라보노이드, DPPH 라디칼 소거 활성과 유사한 결과였고, 페놀 물질과 플라보노이드와 그들 유도체로부터 기인한 식물 추출물의 구조가 다르기 때문에 이들 산화방지 활성이 다르게 나타난다는 보고와도 유사하였다(Rajaei A 등 2010). 또한 Kanatt SR 등(2011)은 콩과 작물의 껍질 색이 더 어두울수록 밝은 껍질에 비하여 높은 페놀함량과 플라보노이드 함량을 가진다고 하였고, 비둘기콩이 녹두에 비해 높은 플라보노이드 함량을 가진다고 하였다. 하지만 이들 껍질이 가진 색이 흡광도 측정에서 산화방지 활성에 미치는 영향은 무시할만한 정도라고 하였다(Oh HS 등 2003).

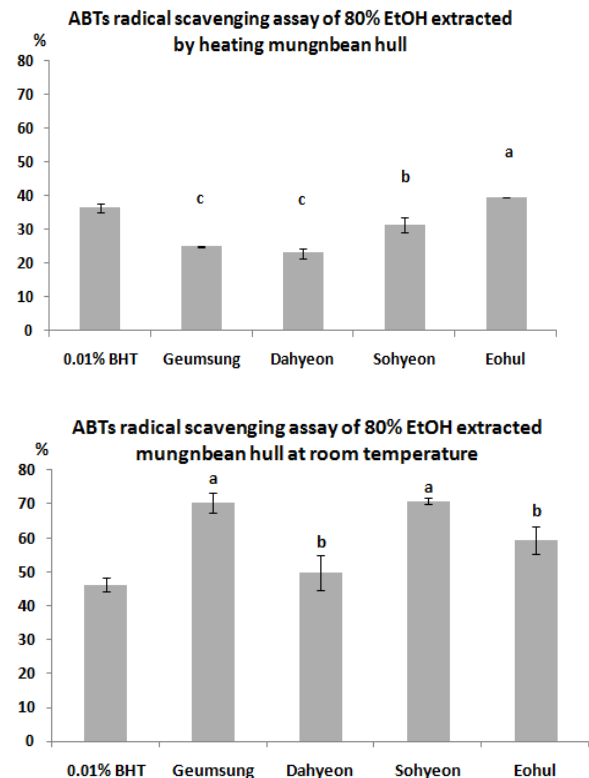


Fig. 3. ABTs radical scavenging activity of mung bean hull extracts by different extracting temperature compared using control as 0.01% BHT.



5) 환원력

녹두 껍질 추출물의 환원력 실험 결과는 Fig. 4와 같았다. 추출물의 환원력은 그 크기에 따라서 노란색의 실험 용액이 녹색이나 파란색으로 변화하는 것을 원리로 활성을 확인한다 (Amarowicz R 등 2010). 가열 처리한 추출물의 환원력은 7.29-9.36 mg BHT/g mung bean hull 범위에서 나타났고, 상온에서 처리한 추출물은 19.90-20.97 mg BHT/g mung bean hull로 더 높은 범위를 나타내었다. DPPH와 ABTs 라디칼 소거능과 유사하게 어울 품종은 가열 처리한 추출물에서 9.36 mg BHT/g mung bean hull로 다른 품종에 비해서 높은 환원력을 보였고, 상온에서 처리하였을 때는 소현 품종이 21.15 mg BHT/g mung bean hull로 높은 환원력을 나타내었다. *Phaseolus*속에 속하는 두류가 *glycine*속에 속하는 두류보다 환원력이 높은 경향을 보이는데, 70% ethanol로 추출한 녹두추출물의 100 ug/uL의 700 nm에서의 흡광도는 0.1187로 다른 두류 품종에 비해서 낮은 환원력을 보였다(Nam SH와 Kang MY 2003). 80% ethanol로 가열 추출한 추출물은 어울 품종이 다른 품종에 비해서 항상 높은 산화방지 능력을 보였고, 환원력 실험에도 같은 결과가 얻어지는 것으로 미루어 보아 어울 껍질의 산화방지 기능을 가진 물질이 가열처리에 영향을 적게 받음을 알 수 있었다.

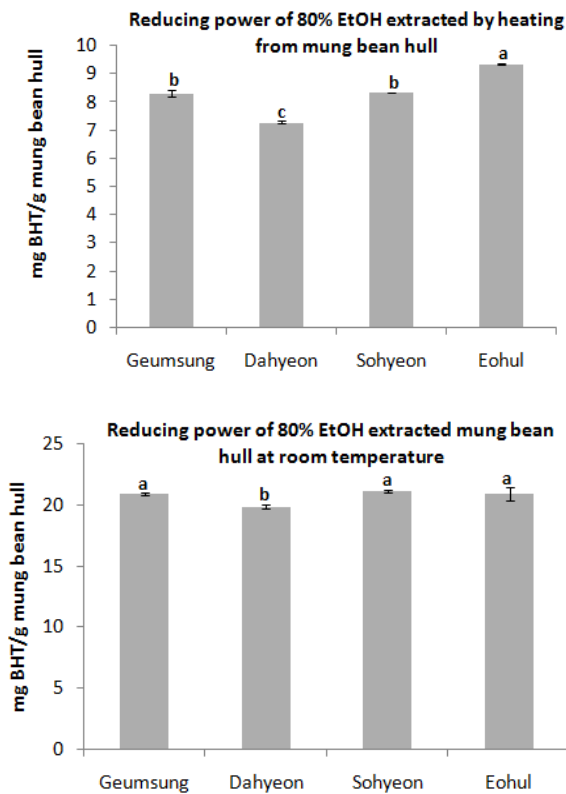


Fig. 4. Reducing power of mung bean hull extracts by different extracting temperature using BHT as control.

IV. 요약 및 결론

국내산 4가지 녹두 품종인 금성, 다현, 소현, 어울 녹두껍질을 이용하여 녹두껍질 분말의 식이섬유 함량과 상온 및 가열한 80% ethanol 추출물의 클로로필 함량, 총 페놀과 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTs 라디칼 소거능, 환원력을 비교하였다. 식이섬유 함량은 소현 녹두껍질이 가장 높았고 껍질 분말의 L 값은 금성이 가장 높고 소현이 가장 낮았으며, ΔE 값은 다현이 가장 높고, 금성이 가장 낮았다. 클로로필 a와 b 함량은 가열처리 어울 녹두껍질 추출물이 가장 높게 나타났고, 실온 추출물은 소현 껍질이 가장 높았다. 총 페놀함량과 플라보노이드 함량은 품종별로 유의적인 차이를 보였으며, 가열추출물에서는 어울이, 상온추출물에서는 소현이 가장 높았다. DPPH와 ABTs 라디칼 소거능과 환원력 모두 총 페놀함량과 플라보노이드 함량과 유사한 결과를 나타내었다. 소현 녹두껍질 추출물의 산화방지 활성이 높았고, 가열 추출에 비해 상온추출물이 더 높은 산화방지 활성을 보였다. 어울 품종은 가열 추출물에서 다른 품종에 비해 높은 산화방지 활성을 보였다. 따라서 어울 녹두 껍질에 열처리에 강한 산화방지활성을 유지함을 알 수 있었고 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 위의 결과로부터 국내산녹두는 품종에 따라 산화방지활성이 차이가 있으며 가열 처리에도 산화방지 활성이 유지됨으로써 녹두묵 제조 시에 껍질 추출물이나 분말을 첨가하면 산화방지활성 등 기능성을 증가할 수 있음을 확인하였다.

V. 감사의 글

본 연구는 한국 농림수산식품부 한식세계화용역연구사업의 (한식 우수성 기능성 연구) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

신동화. 1995. 천연 항산화제의 연구와 전망. *식품기술*. 8(2):28-36  
 Amarowicz R, Estrella I, Hernandez T, Robredo S, Troszynska A, Kosinska A, Pegg RB. 2010. Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). *Food Chem* 121:705-711  
 Duh PD, Yen WJ, Du PC, Yen GC. 1997. Antioxidant activity of mung bean hulls. *J Am Oil Chem Soc* 74(9):1059-1063  
 Jeong SJ, Kang TH, Ko EB, Kim YC. 1998. Flavonoids from the seeds of *Phaseolus radiatus*. *Korean J Pharmacogn* 29(4):357-359

- Jin YI, Hong SU, Kim SJ, OK HC, Lee YJ, Nam JH, Yoon YH, Jeong JC, Lee SA. 2010. Comparison of antioxidant activity and amino acid components of mungbean cultivars grown in highland area in Korea. *Korean J Environ Agric* 29(4):381-387
- Kanatt SR, Arjun K, Sharma A. 2011. Antioxidant and antimicrobial activity of legume hulls. *Food Res Int* 44:3182-3187
- Kim DK, Kim JB, Chon SU, Lee YS. 2005. Antioxidant potentials and quantification of flavonoids in mung bean (*Vigna radiata* L.) seeds. *Korean J Plant Res* 8(2):122-129
- Kim DK, Chon SU, Lee KD, Kim KH, Rim YS. 2008. Effect of seeding times on yield and flavonoid contents of mungbean. *Korean J Crop Sci* 53(3):273-278
- Kim DK, Son DM, Chon SU, Lee KD, Rim YS. 2009. Variation of vitexin and isovitexin contents in mungbean (*Vigna radiata* (L.) wilczek) gemplasm. *Korean J Plant Res* 22(2):128-135
- Kim DK, Son DM, Choi JK, Chon SU. 2010. Growth property and seed quality of mungbean cultivars appropriate for labor saving cultivation. *Korean J Crop Sci* 55(3):239-244
- Koh KJ, Shin DB, Lee YC. 1997. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 29(5):854-859
- Lai F, Wen Q, Li L, Wu H, Li X. 2010. Antioxidant activities of water-soluble polysaccharide extracted from mung bean (*Vigna radiata* L.) hull with ultrasonic assisted treatment. *Carbohydr Polym* 81:323-329
- Lee KJ, Yun IJ, Kim HY, Kim KH, Kim YJ, Kim DW, Lim SH. 2010. Antioxidative activity of solvent extracts from *Synurus excelsus* and *Synurus palmatopinnatifidus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(12):1893-1897
- Lee SC, Jeong SM, Kim SY. 2006. Effect of far-infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. *Food Chem* 94:489-493
- Lee SH, Choi EO, Lee HG, Park KH. 2001. Factors affecting the components of chlorophyll pigment in spinach during storage. *J Korean Soc Agric Biotechnol* 44(2):73-80
- Li H, Cao D, Yi J, Cao J, Jiang W. 2012. Identification of the flavonoids in mungbean (*Phaseolus radiatus* L.) soup and their antioxidant activities. *Food Chem* 135:2942-2946
- Marathe SA, Rajalakshmi V, Sahayog N, Sharma JA. 2011. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food Chem Toxicol* 49:2005-2012
- Nam SH, Kang MY. 2003. Screening of antioxidative activity of legume species. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46(1):32-38
- Nithiyantham S, Selvakumar S, Siddhuraju P. 2012. Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* L.. *J Food Compos Anal* 27:52-60
- Oh HS, Kim JH, Lee MH. 2003. Isoflavone contents, antioxidative and fibrinolytic activities of red bean and mung bean. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19(3):263-270
- Oh JH, Kim EH, Kim JL, Moon YI, Kang YH, Kang JS. 2004. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(7):1079-1084
- Park SJ, Kim JM, Kim JE, Jeong SH, Park KH, Shin MS. 2011. Characteristics of sweet potato powders from eight Korean varieties. *Korean J Food Cookery Sci* 27(2):19-29
- Peng X, Zheng Z, Cheng KW, Shan F, Ren GX, Chen F, Wang M. 2008. Inhibitory effect of mung bean extract and its constituents vitexin and isovitexin on the formation of advanced glycation endproducts. *Food Chem* 106:475-481
- Rajaei A, Barzegar M, Mobarez AM. 2010. Antioxidant, anti-microbial and antimutagenicity activities of pistachio (*Pistachia vera*) green hull extract. *Food Chem Toxicol* 48:107-112
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying and improved ABTs radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26(9/10):1231-1237
- Siddhuraju P. 2006. The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia* (jacq.) marechal seed extracts. *Food Chem* 99:149-157
- Wang SY, Wu JH, Ng TB, Ye XY, Rao PF. 2004. A non-specific lipid transfer protein with antifungal and antibacterial activities from the mung bean. *Peptides* 25:1235-1242
- Wellbum AR. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J Plant Physiol* 144:307-313
- Zarco-Tejada PJ, Miller JR, Harron J, Hu B, Noland TL, Goel N, Mohammed GH, Sampson P. 2004. Needle chlorophyll content estimation through model inversion using hyperspectral data from boreal conifer forest canopies. *Remote Sensing Environ* 89:189-199