

## 기능성 소재로서 녹두(*Phaseolus aureus* L.)의 이화학적 특성

이영근 · 박시우 · 김한수<sup>†</sup>

부산대학교 식품공학과  
(2019년 10월 8일 접수: 2019년 12월 1일 수정: 2019년 12월 6일 채택)

### Physicochemical Properties of the Mung Bean (*Phaseolus aureus* L.) as Biohealth Functional Substance

Young-Geun Lee · Si-Woo Bark · Han-Soo Kim<sup>†</sup>

Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea  
(Received October 8, 2019; Revised December 1, 2019; Accepted December 6, 2019)

**요약** : 녹두의 기능성 식품 소재로서 활용 가능성을 알아보고자 이화학적 특성에 관하여 분석한 결과, 일반성분 중 탄수화물 함량은  $57.20 \pm 0.29\%$ 로 절반을 차지하였으며, 조단백질  $26.40 \pm 0.69\%$ , 수분  $9.90 \pm 0.16\%$ , 조회분  $3.54 \pm 0.43\%$  및 조지방  $2.96 \pm 0.26\%$ 로 확인되었다. 녹두의 비타민 성분 중 vitamin B<sub>5</sub>가  $0.62 \pm 0.013$  mg/100 g으로 높은 함량을 나타내었으며, 비타민 A의 전구체인  $\beta$ -carotene 이  $87.37 \pm 0.754$   $\mu$ g RE/100 g으로 동정되었다. 칼륨(K) 함량은  $12,428.55 \pm 147.55$  mg kg<sup>-1</sup>로 가장 높게 나타났고, 마그네슘(Mg)은  $2,053.32 \pm 14.13$  mg kg<sup>-1</sup>, 칼슘(Ca)  $1,966.40 \pm 14.53$  mg kg<sup>-1</sup>을 함유하고 있었으며, 녹두의 총 지방산 중 포화지방산은  $29.23 \pm 0.03\%$ 의 함유량을 보였으며, 단일포화지방산은  $20.30 \pm 0.04\%$ , 다불포화지방산은  $50.46 \pm 0.06\%$ 의 비율로 불포화지방산 함유량이 높은 것으로 나타났다. 특히,  $\omega$ -6계 linoleic acid가  $41.19 \pm 0.02\%$ ,  $\omega$ -9계 oleic acid  $19.98 \pm 0.03\%$ 를 함유하고 있었다. 총 아미노산 함량은  $21.75 \pm 0.24$  g%이며, glutamic acid  $3.93 \pm 0.03$  g%, aspartic acid  $2.68 \pm 0.03$  g% 등을 함유하고 있었고, glutamic acid 및 aspartic acid가 총 아미노산 함유량의 18.07%, 12.32%를 차지하였으며, 구성 아미노산의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 녹두 중, 총 유리 아미노산 함량은  $336.77 \pm 8.66$  mg%로 확인되었고, arginine이  $81.97 \pm 1.31$  mg%로 유리 아미노산의 24.34%를 차지하는 것으로 나타났다. glutamic acid, asparagine 및 aspartic acid 순으로 각각,  $41.97 \pm 0.29$ ,  $28.47 \pm 0.15$  및  $26.97 \pm 0.12$  mg% 함유된 것으로 분석되었다.

**주제어** : 녹두, 비타민, 무기질, 지방산, 아미노산

**Abstract** : This study on the physicochemical property of physiological activity substance in mung bean (*Phaseolus aureus* L.) was performed for the use as a functional food materialization. The proximate composition in the vacuum freeze dried mung bean was carbohydrate  $57.20 \pm 0.29\%$ , crude protein  $26.40 \pm 0.69\%$ , moisture  $9.90 \pm 0.16\%$ , crude ash  $3.54 \pm 0.43\%$ , and crude fat

<sup>†</sup>Corresponding author  
(E-mail: kimhs777@pusan.ac.kr)

2.96±0.26%, respectively. The vitamin content of mung bean was vitamin B<sub>5</sub> 0.62±0.013 mg/100 g, vitamin E 0.17±0.001 mg/100 g, vitamin B<sub>1</sub> 0.13±0.016 mg/100 g, and β-carotene 87.37±0.754 μg RE/100 g, respectively. The mineral content of mung bean was potassium (K) 12,428.55±147.55 mg kg<sup>-1</sup>, magnesium (Mg) 2,053.32±14.13 mg kg<sup>-1</sup>, calcium (Ca) 1,966.40±14.53 mg kg<sup>-1</sup>, sodium (Na) 1,063.99±7.75 mg kg<sup>-1</sup>, iron (Fe) 63.77±0.98 mg kg<sup>-1</sup>, and manganese (Mn) 14.67±0.22 mg kg<sup>-1</sup>. The compositions of fatty acid were saturated fatty acid 29.23±0.03%, monoenes 20.30±0.04%, and polyenes 50.46±0.06%. Protein bound amino acid content of mung bean was 21.75±0.24 g%. And major amino acids were glutamic acid 3.93±0.03 g%, aspartic acid 2.68±0.03 g%, respectively. The composition of free amino acid of mung bean was 336.77±8.66 mg%, and major free amino acids were arginine, glutamic acid, asparagine, and aspartic acid. As a results of these experiment, Mung bean could be used a natural resouce and functional biohealth food substance.

*Keywords* : Mung bean (*Phaseolus aureus* L.), Vitamin, Mineral, Fatty acid, Amino acid

## 1. 서론

녹두(*Phaseolus aureus* L.)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 1년생 작물로서 인도와 미얀마 등 아시아 지역이 원산지로서 주로 아열대 기후에서 생육하며, 우리나라에서는 위도에 따라 기능성 성분의 함량 차이가 뚜렷한 것으로 알려져 있다[1,2]. 일반성분은 당질 45~62%, 조단백질 20~28%, 조지방이 1% 내외로 함유되어 있고, 아미노산 중 leucine, lysine, valine은 풍부하며 methionine, tryptophane, cystine 등은 소량 존재하고 있다고 한다[3]. 또한, 녹두는 대두나 강낭콩 등에 비하여 무기질, 비타민 및 필수 아미노산이 풍부하고 플라보노이드, 페놀성 화합물 등의 기능성 성분이 특정 부위에 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다[4].

한편, 경제 성장과 더불어 식생활이 서구화 되면서 동물성 식품 섭취 증가와 각종 만성퇴행성 질환 및 생활습관병(life style related disease) 등이 증가하고, 이에 따른 기능성 건강 식품의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[5]. 식물성 식품에는 비타민, 무기질, 폴리페놀(polyphenol) 등 생리활성 물질인 2차 대사산물(secondary metabolite)들이 함유되어 있으며[6], 이러한 대사산물은 생체 내에서 라디칼(radical)의 연쇄 반응을 차단해 주거나 파괴시켜, 생체 내 활성산소를 감소시키는 것으로 알려져 있다[7]. 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 에너지를 생산하는 산화 과정에서 생성되는 것으로, 항산화

방어 체계에 의하여 대부분 소멸되지만, 면역 체계의 균형이 깨지면 세포와 조직에 비가역적 손상, 돌연변이, 세포독성, 발암 등을 유발하게 된다[8]. 항산화 효소인 superoxide dismutase (SOD), catalase, glutathione peroxidase와 비타민 E (tocopherol), 비타민 C (ascorbic acid), 미량금속(Se, Mn, Zn) 등은 활성산소를 감소시키는 것으로 알려져 있다[9]. 녹두는 이소플라본(isoflavone)과 항산화 및 혈전용해 활성[10], 녹두 껍질에 함유된 vitexin과 isovitexin 항산화 활성[11,12], 항염증 및 항비만 활성[13,14] 등의 기능성 연구가 진행되고 있지만, 콩과류 중 대두에 비하면 연구가 미미한 실정이다.

따라서, 본 실험은 녹두의 기능성 식품소재로서 이용 가능성을 탐색하기 위해 일반성분, 비타민, 무기질함량, 지방산 및 아미노산 조성 등 이화학적 성분을 분석하여 다양한 활용 방안을 위한 기초 자료로 제공하고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료 및 시약

녹두(*Phaseolus aureus* L.)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 녹두종으로 청소두를 부산광역시 수영구 소재 재래시장에서 구입하여, 진공동결건조(EYELA, FDU-2000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)시킨 후, 분쇄기(HMF-3250S, Han-11 Co., Seoul, Korea)로 마쇄하여 -80℃ 초저온

냉동고(DF-8514, I1-Shin BioBase Co., Yangju, Korea)에 저장하며, 본 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 시약은 Merck사(Darmstadt, Germany), Junsei (Tokyo, Japan) 등의 특급 또는 일급 시약, amino acid 표준품과 ninhydrin 및 buffer 용액은 Pharmacia Biotech사(UK)의 시약을 사용하였고, 지방산 조성 분석의 methyl ester mixture는 Sigma사(USA) 제품 등을 사용하여 본 실험을 수행하였다.

## 2.2. 일반성분 분석

녹두의 일반성분은 association of official analytical chemists [15] 방법에 준하여 측정하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법, 조지방함량은 Soxhlet 추출법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조회분은 550°C의 직접 회화법으로 정량하였다. 탄수화물 함량[16]은 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분의 양을 뺀 값으로 나타내었다.

## 2.3. 비타민 분석

녹두의  $\beta$ -carotene, retinol, vitamin B<sub>1</sub>, vitamin B<sub>2</sub>, vitamin B<sub>5</sub>, vitamin B<sub>6</sub>, vitamin C, vitamin D, vitamin E의 분석은 식품공전법(Korea food and drug association)에 준하여 정량하였으며[17], 분석 조건은 Table 1과 같다[18].

## 2.4. 무기질 분석

무기질 측정은 Oh 와 Kim의 방법[18] 및 Kim 등의 방법[19]을 변형하여 측정하였다. 칼슘(Ca), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 철(Fe) 및 망간(Mn)은 ICP 발광분광분석기(inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, ICP-OES, Perkin-Elmer, model 4300 DV, USA)로 분석하였다. 즉, 녹두 1.0 g을 회분 도가니에 넣어 예비 회화를 시킨 후, 5시간 동안 550°C로 가열한 후 냉각하였다. 회분은 낮은 온도의 hot plate에서 6 N HCl 2.0 mL로 천천히 용해하여 증발시켰고, 같은 조건으로 재용해시킨 후 1 N HCl 50.0 mL로 정용하였다. 시료는 0.45  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 분석하였고, mg kg<sup>-1</sup> sample로 표시하였다.

## 2.5. 지방산 조성 분석

지방산 조성은 Bligh와 Dyer의 방법[20]에 따라 chloroform-methanol (C:M=2:1, v/v) 혼합액

으로 지질을 추출한 후, 0.5 N NaOH 1.5 mL를 가하여 7분 동안 검화시켰다. AOAC 방법에 따라 14% BF<sub>3</sub>-methanol로 methyl ester화 시켜 omegawax capillary column (30 m  $\times$  0.32 mm, 0.25  $\mu$ m, max usable temp. 280°C)을 장착한 gas chromatography (Simadzu GC-17A, Japan)로 분석하였다. Carrier gas는 He를 사용하였으며 주입구(injector)와 검출기(detector, FID) 온도는 250°C, oven 온도는 180°C에서 230°C까지 3°C/min 증가시켰다. 각 지방산은 표준 지방산 methyl ester mixture와 retention time을 비교하여 동정하였으며, 지방산 조성은 peak 면적 백분율(%)로 표시하였다. 분석 조건은 Table 2와 같다[18].

## 2.6. 구성 아미노산 분석

녹두 중의 구성 아미노산 조성은 Kim의 방법[16]에 준하여 분석하였다. 시료 0.5 g을 glass tube에 취하고 6 N HCl 25.0 mL 가하여 감압과 질소 충전을 반복한 후, 150°C의 가수분해 장치(Pico-Tag workstation, Waters, Napa, CA, USA)에서 1시간 동안 가수분해 시켰다. 냉각 후 NaOH로 중화하여 0.2 N sodium citrate loading buffer (pH 2.2)로 일정량 정용한 후, 0.22  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 sodium type의 ion exchange resin column을 장착한 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia Biotech, Ltd, UK)를 이용하여 구성 아미노산 조성을 분석하였다[18].

## 2.7. 유리 아미노산 분석

유리 아미노산 분석은 시료 10배 양의 0.2 N lithium citrate loading buffer (pH 2.2)와 함께 블렌더(blender)에서 300 rpm으로 10분간 균질화한 후, 0.22  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 lithium type의 ion exchange resin column을 장착한 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia Biotech, Ltd, UK)를 이용하여 유리 아미노산 함량을 구하였다. 구성 아미노산 및 유리 아미노산의 분석조건은 Table 3과 같다[18].

## 2.8. 통계 처리

실험 데이터의 통계 처리는 결과값에 대한 평균값 $\pm$ 표준편차로 계산하여 나타내었다.

Table 1. High performance liquid chromatographic operating condition for vitamin analysis

Vitamin <sup>1)</sup>	Column	Mobile phase	Flow rate (mL/min)	Injection volume (μL)	Detector excitation emission
β-carotene	Novapak-Silica (3.9x150 mm)	Hexane: isopropanol =97:3	1.0	20.0	UV <sup>2)</sup> 450 nm
Retinol	Novapak-Silica (3.9x150 mm)	Hexane: isopropanol =99:1	1.0	20.0	UV 326 nm
B <sub>1</sub>	C18 UG 120 (4.6x250 mm, 5 μm)	MeOH:10 mM NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> =35:65	0.9	20.0	FLD <sup>3)</sup> 375 nm 450 nm
B <sub>2</sub>	C18 UG 120 (4.6x250 mm, 5 μm)	MeOH:10 mM NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> =35:65	0.9	20.0	FLD 445 nm 530 nm
B <sub>5</sub>	C18 UG 120 (4.6x250 mm, 5 μm)	20 mM KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> :ACN =97:3	1.0	20.0	DAD <sup>4)</sup> 200 nm
B <sub>6</sub>	C18 UG 120 (4.6x250 mm, 5 μm)	50 mM NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.0	20.0	FLD 290 nm 396 nm
C	AQ-C18 Peakman sp. (4.6x250 mm, 5 μm)	0.05 M KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> :Acetonitrile =99:1	1.0	20.0	DAD 254 nm
D	μ Bondapak C18 (7.8x300 mm)	ACN:MeOH=1:1	1.0	200.0	UV 254 nm
E	Novapak-Silica (3.9x150 mm)	Hexane: isopropanol =98:2	0.5	20.0	UV 298 nm

<sup>1)</sup>B<sub>1</sub>: thiamin, B<sub>2</sub>: riboflavin, B<sub>5</sub>: pantothenic acid, B<sub>6</sub>: pyridoxine, C: ascorbic acid, D: calciferol, E: tocopherol. <sup>2)</sup>UV: uv/vis absorbance detector. <sup>3)</sup>FLD: fluorescence detector.

<sup>4)</sup>DAD: diode-array detector.

Table 2. Gas chromatography operating condition for fatty acid analysis

Items	Operating conditions
Instrument	Simadzu GC-17A
Column	Omegawax (30 m×0.32 mm, 0.25 μm)
Oven temperature	180°C to 230°C
Injector temperature	250°C
Detector temperature	250°C
Carrier gas	He

Table 3. Amino acid auto-analyzer operating condition for protein bound amino acid and free amino acid analysis

Items	Operating condition
Instrument	Biochrom 20, Pharmacia Biotech, Ltd (U.K)
Flow rate	Buffer 24 mL/hr, Ninhydrin 20 mL/hr
Wave length	440 nm, 570 nm
Column	Sodium (sodium high performance column EEC, 4.6x200 mm), Lithium (lithium high performance column, 4.6x200 mm) type ion exchange resin column
Buffer solution	Sodium & lithium citrate buffer (pharmacia biotech, chemical reagent)
Temperature	32°C-66°C-80°C-35°C

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 일반성분 함량

녹두의 일반성분은 Table 4와 같다. 탄수화물은  $57.20 \pm 0.29\%$ 로 대부분을 차지하였으며, 조단백질  $26.40 \pm 0.69\%$ , 수분  $9.90 \pm 0.16\%$ , 조회분  $3.54 \pm 0.43\%$  및 조지방  $2.96 \pm 0.26\%$ 로 확인되었다. Kim 등[21]의 보고에 의하면 녹두의 일반성분은 수분 8.6%, 조단백질 25.8%, 조지방 2.2%, 조회분 3.3%, 탄수화물 59.9%로 본 실험의 결과와 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 반면 Kim 등의 연구[5]에서는 생녹두의 수분함량 10.08%, 조단백질 17.31%, 조지방 0.49%, 조회분 5.02%, 탄수화물 67.10%으로 본 실험보다 낮은 조단백질 및 조지방 함량을 보였으며, 조회분 및 탄수화물 함량은 높은 경향을 보였다. 이러한 녹두의 일반성분 함량의 차이는 녹두 품종, 재배 지역 및 환경 조건 등에 의한 것으로 추정된다.

Table 4. Proximate composition of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) (%)

Composition	Mung Bean ( <i>Phaseolus aureus</i> L.)
Moisture	$9.90 \pm 0.16^{1)}$
Crude protein	$26.40 \pm 0.69$
Crude fat	$2.96 \pm 0.26$
Crude ash	$3.54 \pm 0.43$
Carbohydrate	$57.20 \pm 0.29$

<sup>1)</sup> The values are mean  $\pm$  standard deviation ( $n=5$ ).

#### 3.2. 비타민 함량

녹두의 비타민 분석 결과는 Table 5와 같다. vitamin B<sub>5</sub>  $0.62 \pm 0.013$  mg/100 g으로 높은 함량을 나타내었으며, vitamin E  $0.17 \pm 0.001$  mg/100 g, vitamin B<sub>1</sub>  $0.13 \pm 0.016$  mg/100 g, vitamin B<sub>6</sub>  $0.10 \pm 0.002$  mg/100 g, vitamin B<sub>2</sub>  $0.06 \pm 0.002$  mg/100 g, vitamin D  $0.01 \pm 0.000$  mg/100 g 순으로 확인되었다. 또한 비타민 A의 전구체인  $\beta$ -carotene이 87.37  $\mu$ g RE/100 g이 검출 되었다. 비타민 B<sub>5</sub>는 산화적 스트레스를 감소시키는 것으로 알려져 있고[22], 비타민 B<sub>1</sub>은 생체 내 효소의 활성 조절과 탄수화물 대사에 중요한 역할을 하며, vitamin B<sub>2</sub>은 성장촉진, 구강점막 보호, 산화억제 등의 작용이 있다[23]. 또한, vitamin A의 전구체인  $\beta$ -carotene은 UV에 의한 흉조 형성을 억제하는 것으로 보고되어져 있다 [24].

#### 3.3. 무기질 함량

녹두의 칼슘(Ca), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 철(Fe) 및 망간(Mn) 등 무기질 함량은 Table 5와 같다. 칼륨이  $12,428.55 \pm 147.55$  mg kg<sup>-1</sup>로 높은 함량으로 나타났고, 마그네슘은  $2,053.32 \pm 14.13$  mg kg<sup>-1</sup>, 칼슘  $1,966.40 \pm 14.53$  mg kg<sup>-1</sup>, 나트륨  $1,063.99 \pm 7.75$  mg kg<sup>-1</sup>을 함유하고 있으며, 철과 망간은 각각  $63.77 \pm 0.98$  mg kg<sup>-1</sup>,  $14.67 \pm 0.22$  mg kg<sup>-1</sup>로 미량을 함유하고 있는 것으로 확인되었다. Kim 등의 연구[25]에서 칼슘 374.9 mg/100 g 및 인 353.0 mg/100 g으로 가장 많이 함유하고 있으며, 칼륨 176.3 mg/100 g, 마그네슘 116.9 mg/100 g, 나트륨 107.6 mg/100 g을 함유하고 있다고 보고하

여, 본 실험의 결과와는 다소 차이를 보였다. 일반적으로 식물의 기능성 물질들은 품종, 지역, 온도 등 재배환경에 따라 함량 변이가 다르게 나타나는 것으로 보고되어 있다[26].

Table 5. Vitamin composition of mung bean (*Phaseolus aureus* L.)

Vitamin	Content
$\beta$ -carotene ( $\mu\text{g RE}^1/100 \text{ g}$ )	$87.37 \pm 0.754^2$
Retinol ( $\mu\text{g RE}/100 \text{ g}$ )	ND <sup>3</sup>
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/100 g)	$0.13 \pm 0.016$
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/100 g)	$0.06 \pm 0.002$
Vitamin B <sub>5</sub> (mg/100 g)	$0.62 \pm 0.013$
Vitamin B <sub>6</sub> (mg/100 g)	$0.10 \pm 0.002$
Vitamin C (mg/100 g)	ND
Vitamin D (mg/100 g)	$0.01 \pm 0.000$
Vitamin E (mg/100 g)	$0.17 \pm 0.001$

<sup>1</sup> $\mu\text{g RE}$ : micrograms of retinol equivalent.

<sup>2</sup>The values are mean  $\pm$  standard deviation ( $n=3$ ).

<sup>3</sup>ND: not detected.

### 3.4. 지질 구성 지방산 조성

녹두의 지방산 조성은 Table 7과 같다. 포화지방산은 총 지방산 중  $29.23 \pm 0.03\%$ 의 함유량을 보였으며, 단불포화지방산은  $20.30 \pm 0.04\%$ , 다불포화지방산은  $50.46 \pm 0.06\%$ 의 비율로 불포화지방산 함유량이 높은 것으로 나타났다.  $\omega$ -6계 linoleic acid가  $41.19 \pm 0.02\%$ ,  $\omega$ -9계 oleic acid

$19.98 \pm 0.03\%$ ,  $\omega$ -3계인  $\alpha$ -linolenic acid  $9.05 \pm 0.01\%$  등의 순으로 관찰되었으며, 포화지방산은 palmitic acid  $20.02 \pm 0.00\%$ , stearic acid  $7.43 \pm 0.02\%$  등의 순으로 함유하고 있는 것으로 나타났다. Noh 등[27]에 따르면 불포화지방산인 linoleic acid  $37.55\%$ , linolenic acid  $21.59\%$ , oleic acid  $4.31\%$ , 포화지방산 palmitic acid  $24.57\%$ , stearic acid  $6.93\%$  등으로 함유되어 있다고 보고하였으며, Kim 등의 연구[28]에서도 불포화지방산인 linoleic acid  $37.26\%$  및 linolenic acid  $12.96\%$ , 포화지방산은 palmitic acid가  $29.71\%$  함유되어 있다고 보고하여, 녹두의 불포화지방산 함량이  $50\%$  이상으로 높은 함유량을 나타내었다. 한편, 지방산의 함량과 조성은 재배 환경에 영향을 받으며, 온도가 상승하면 다불포화지방산인 linolenic acid, linoleic acid의 조성이 낮아지고 단불포화지방산인 oleic acid가 증가하며, palmitic acid 및 stearic acid는 별다른 영향을 받지 않는다고 한다[29,30].

### 3.5. 구성 아미노산 조성

녹두의 구성 아미노산 조성은 Table 8과 같다. 구성 아미노산 총 함량은  $21.75 \pm 0.24 \text{ g\%}$ 로, glutamic acid  $3.93 \pm 0.03 \text{ g\%}$ , aspartic acid는  $2.68 \pm 0.03 \text{ g\%}$ , leucine  $1.85 \pm 0.04 \text{ g\%}$ , arginine  $1.59 \pm 0.02 \text{ g\%}$ , lysine  $1.59 \pm 0.00 \text{ g\%}$ , phenylalanine  $1.39 \pm 0.01 \text{ g\%}$ , serine  $1.25 \pm 0.01 \text{ g\%}$ , valine  $1.10 \pm 0.00 \text{ g\%}$  등의 순으로 나타났다. glutamic acid 및 aspartic acid는 총 아미노산 함유량의 각각  $18.07\%$ ,  $12.32\%$ 를 차지하며 구성 아미노산의 대부분을 차지하는 것으로

Table 6. Mineral composition of mung bean (*Phaseolus aureus* L.)

Composition	Content (mg kg <sup>-1</sup> )	Percentage (%)
Calcium (Ca)	$1,966.40 \pm 14.53^1$	$11.18 \pm 0.08$
Potassium (K)	$12,428.55 \pm 147.55$	$70.65 \pm 0.80$
Magnesium (Mg)	$2,053.32 \pm 14.13$	$11.67 \pm 0.08$
Sodium (Na)	$1,063.99 \pm 7.75$	$6.05 \pm 0.04$
Iron (Fe)	$63.77 \pm 0.98$	$0.36 \pm 0.01$
Manganese (Mn)	$14.67 \pm 0.22$	$0.08 \pm 0.00$
Total	$17,590.70$	$100.00$

<sup>1</sup>The values are mean  $\pm$  standard deviation ( $n=4$ ).

Table 7. Fatty acids composition of mung bean (*Phaseolus aureus* L.)

Fatty acid	Peak area (%)
Myristic acid (C14:0)	0.14±0.00
Palmitic acid (C16:0)	20.02±0.00
Stearic acid (C18:0)	7.43±0.02
Eicosanoic acid (C20:0)	0.98±0.00
Lignoceric acid (C24:0)	0.66±0.01
<b>Saturates</b>	<b>29.23±0.03</b>
Palmitoleic acid (C16:1)	0.09±0.00
Oleic acid (C18:1, <i>n</i> -9)	19.98±0.03
Eicosenoic acid (C20:1, <i>n</i> -9)	0.23±0.01
<b>Monoenes</b>	<b>20.30±0.04</b>
Linoleic acid (C18:2, <i>n</i> -6)	41.19±0.02
$\gamma$ -Linolenic acid (C18:3, <i>n</i> -6)	0.02±0.00
$\alpha$ -Linolenic acid (C18:3, <i>n</i> -3)	9.05±0.01
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.03±0.01
Eicosapentaenoic acid (C20:5, <i>n</i> -3)	0.06±0.01
Docosahexaenoic acid (C22:6, <i>n</i> -3)	0.11±0.01
<b>Polyenes</b>	<b>50.46±0.06</b>

<sup>1)</sup>The values are mean±standard deviation (*n*=3).

확인되었다. 필수 아미노산인 valine, leucine, isoleucine, threonine, methionine, lysine 및 phenylalanine의 함량은 7.80±0.10 g% 이었으며, 구성 아미노산 총 함유량의 35.86%로 나타났고, 함황아미노산인 cysteine 및 methionine의 함량은 0.09±0.00 g% 및 0.12±0.01 g%로 동정되었다. Noh 등[27]에 따르면 glutamic acid 3.581 g/100g, aspartic acid 2.363 g/100g, proline 2.356 g/100g, Leucine 1.775 g/100g, arginine 1.239 g/100g, phenylalanine 1.328 g/100g을 함유되어 있다고 보고하여, 본 실험의 아미노산 분석 결과와 유사한 결과를 확인할 수 있었다.

### 3.6. 유리 아미노산 조성

녹두의 유리 아미노산 조성은 Table 9와 같다. 유리 아미노산 총 함량은 336.77±8.66 mg%로 확인되었고, arginine이 81.97±1.31 mg%로 유리 아미노산 구성의 24.34%를 차지하는 것으로 나타났다. Glutamic acid, asparagine 및 aspartic acid의 함량은 41.97±0.29, 28.47±0.15 및 26.97±0.12 mg% 함유된 것으로 분석되었다. Kim 등[21]은  $\alpha$ -amylase와 protease를 이용한 효소적 가수분해로 녹두 가수분해물을 분무 건조

시킨 분말의 유리 아미노산 조성은 glutamic acid (4,450.80 mg%)와 arginine (4,225.05 mg%) 등의 함량이 높았다고 보고하였다. 또한, Jin 등[31]도 녹두의 유리아미노산은 glutamic acid 함량이 가장 높았고, 다음으로 aspartic acid와 arginine의 함량이 높았다고 하며, 본 실험의 결과와 유사한 경향이었다. Glutamic acid는 아미노산 생합성에 필수불가결한 성분으로 aminotransferase에 의하여 아미노기를 전이하는 것으로 알려져 있으며[30], asparagine은 혈압을 조절하고 소화성궤양에 효과가 있다고 한다[18].

## 4. 결론

녹두의 기능성 식품 소재로서 다양한 활용을 위한 기초 자료를 제공하고자 일반성분, 비타민, 무기질, 지방산 및 아미노산 조성 등을 분석한 결과, 탄수화물은 57.20±0.29%로 대부분을 차지하였으며, 조단백질 26.40±0.69%, 수분 9.90±0.16%, 조회분 3.54±0.43% 및 조지방 2.96±0.26%로 확인되었다. 비타민은 vitamin B<sub>5</sub>가 0.62±0.013 mg/100 g으로 높은 함량을 나타내었으며, vitamin E 0.17±0.001 mg/100 g,

Table 8. Protein bound amino acid composition of mung bean (*Phaseolus aureus* L.)

Amino acid (AA)	Composition (g%)	% to Total AA
<b>Monoamino acid &amp; monocarboxylic AA</b>		
Glycine	0.98±0.01 <sup>1)</sup>	4.51±0.04
L-Alanine	1.04±0.01	4.78±0.04
L-Valine	1.10±0.00	5.06±0.00
L-Leucine	1.85±0.04	8.51±0.17
L-Isoleucine	0.93±0.03	4.28±0.12
<b>Monoamino-dicarboxylic AA</b>		
L-Aspartic acid	2.68±0.03	12.32±0.12
L-Glutamic acid	3.93±0.03	18.07±0.12
<b>Hydroxy-AA</b>		
L-Serine	1.25±0.01	5.75±0.04
L-Threonine	0.82±0.01	3.77±0.04
<b>Thio (sulfur)-containing AA</b>		
L-Cysteine	0.09±0.00	0.41±0.00
L-Methionine	0.12±0.01	0.55±0.04
<b>Diamino-monocarboxylic AA</b>		
L-Lysine	1.59±0.00	7.31±0.00
L-Arginine	1.59±0.02	7.31±0.08
L-Histidine	0.76±0.01	3.49±0.04
<b>Aromatic AA</b>		
L-Phenylalanine	1.39±0.01	6.39±0.04
L-Tyrosine	0.58±0.01	2.67±0.04
<b>Imino acid</b>		
L-Proline	1.05±0.01	4.83±0.04
<b>Other</b>		
Ammonium chloride <sup>2)</sup>	(1.20±0.00)	-
<b>Total AA (TAA)</b>	<b>21.75±0.24</b>	<b>100.01</b>
<b>EAA<sup>3)</sup></b>	<b>7.80±0.10</b>	
<b>EAA/TAA (%)</b>	<b>35.86±0.41</b>	

<sup>1)</sup>The values are mean±standard deviation ( $n=3$ ). <sup>2)</sup>Not calculation.

<sup>3)</sup>EAA: essential amino acids (valine, leucine, isoleucine, threonine, methionine, lysine, phenylalanine).



Table 9. Free amino acid composition of mung bean (*Phaseolus aureus* L.)

Sequential peak	Amino acid (AA)	Composition (mg%)	% to Total AA
1	O-Phospho-L-Serine	4.24±0.06 <sup>1)</sup>	1.26±0.00
2	Taurine	3.13±0.25	0.93±0.02
3	O-Phosphoethanolamine	ND <sup>2)</sup>	-
4	Urea	28.17±2.76	8.36±0.31
5	L-Aspartic acid	26.97±0.12	8.01±0.01
6	Hydroxy-L-proline	ND	-
7	L-Threonine	4.03±0.06	1.20±0.00
8	L-Serine	5.00±0.00	1.48±0.00
9	L-Asparagine	28.47±0.15	8.45±0.01
10	L-Glutamic acid	41.97±0.29	12.46±0.03
11	L-Sarcosine	ND	-
12	DL- $\alpha$ -Aminoadipic acid	7.40±0.44	2.20±0.05
13	L-Proline	8.43±0.31	2.50±0.03
14	Glycine	6.20±0.00	1.84±0.00
15	L-Alanine	11.10±0.10	3.30±0.01
16	L-Citrulline	ND	-
17	L- $\alpha$ -Amino- <i>n</i> -butyric acid	ND	-
18	L-Valine	14.03±0.15	4.17±0.01
19	L-Cystine	ND	-
20	L-Methionine	1.57±0.15	0.47±0.01
21	Cystathionine	ND	-
22	L-Isoleucine	3.50±0.20	1.04±0.02
23	L-Leucine	4.27±0.23	1.27±0.02
24	L-Tyrosine	2.93±0.35	0.87±0.04
25	$\beta$ -Alanine	4.30±0.00	1.28±0.00
26	L-Phenylalanine	8.80±0.10	2.61±0.01
27	DL- $\beta$ -Aminobutyric acid	0.73±0.06	0.22±0.00
28	4-Amino- <i>n</i> -butyric acid	2.47±0.06	0.73±0.00
29	L-Homocystine	ND	-
30	$\gamma$ -Amino- <i>n</i> -butyric acid	ND	-
31	L-Tryptophan	16.23±1.19	4.82±0.13
32	Ethanolamine	ND	-
33	Ammonium chloride <sup>3)</sup>	(9.60±0.10)	-
34	$\delta$ -Hydroxylysine	ND	-
35	L-Ornithine	4.03±0.06	1.20±0.00
36	L-Lysine	7.83±0.06	2.33±0.00
37	1-Methyl-L-histidine	ND	-
38	L-Histidine	9.00±0.20	2.67±0.02
39	3-Methyl-L-histidine	ND	-
40	Anserine	ND	-
41	$\alpha$ -Aminoguanidinopropionic acid	ND	-
42	L-Carnosine	ND	-
43	L-Arginine	81.97±1.31	24.34±0.15
Total AA (TAA)		336.77±8.66	100.01

<sup>1)</sup>The values are mean±standard deviation ( $n=3$ ).

<sup>2)</sup>ND: not detected. <sup>3)</sup>Not calculation.

vitamin B<sub>1</sub> 0.13±0.016 mg/100 g, vitamin B<sub>6</sub> 0.10±0.002 mg/100 g, vitamin B<sub>2</sub> 0.06±0.002 mg/100 g, vitamin D 0.01±0.000 mg/100 g 순으로 관찰되었다. 또한 비타민 A의 전구체인 β-carotene이 87.37 μg RE/100 g이 검출되었다. 칼륨은 12,428.55±147.55 mg kg<sup>-1</sup>로 높게 나타났고, 마그네슘 2,053.32±14.13 mg kg<sup>-1</sup>, 칼슘 1,966.40±14.53 mg kg<sup>-1</sup>, 나트륨 1,063.99±7.75 mg kg<sup>-1</sup>을 함유하고 있었으며, 철과 망간은 각각 63.77±0.98 mg kg<sup>-1</sup>, 14.67±0.22 mg kg<sup>-1</sup>로 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 포화지방산은 총 지방산 중 29.23±0.03%의 함유량을 보였으며, 단일포화지방산은 20.30±0.04%, 다불포화지방산은 50.46±0.06%의 비율로 불포화지방산 함유량이 높은 것으로 나타났다. 특히, ω-6계 linoleic acid가 41.19±0.02%, ω-9계 oleic acid 19.98±0.03%, ω-3계인 α-linolenic acid 9.05±0.01% 및 포화지방산인 palmitic acid 20.02±0.00%로 함유되어 있는 것으로 동정되었다. 아미노산 함량은 21.75±0.24 g%로, glutamic acid 3.93±0.03 g%, aspartic acid 2.68±0.03 g%, leucine 1.85±0.04 g%, arginine 1.59±0.02 g%, lysine 1.59±0.00 g%, phenylalanine 1.39±0.01 g%, serine 1.25±0.01 g%, valine 1.10±0.00 g% 등의 순으로 나타났다. glutamic acid 및 aspartic acid는 총 아미노산 함유량의 각각 18.07%, 12.32%를 차지하며 구성 아미노산의 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 필수 아미노산인 valine, leucine, isoleucine, threonine, methionine, lysine 및 phenylalanine의 함량은 7.80±0.10 g% 이었으며, 구성 아미노산 총 함유량의 35.86%로 나타났다. 녹두의 유리 아미노산 총 함량은 336.77±8.66 mg%로 확인되었고, arginine이 81.97±1.31 mg%로 유리 아미노산 구성의 24.34%를 차지하는 것으로 나타났다. glutamic acid, asparagine 및 aspartic acid 순으로 각각, 41.97±0.29, 28.47±0.15 및 26.97±0.12 mg% 함유된 것으로 관찰되었다. 따라서 녹두의 이화학적 성분의 분석 결과, 건강 기능성 식품에 대한 기초 자료로서 활용이 가능할 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)

지원에 의하여 수행되었습니다.

### References

1. Y. A. Gu, S. Y. Jang, N. Y. Park, C. R. Mun, O. M. Kim, Y. J. Jeong, "Property changes of mung bean depending on hydrolysis conditions", *Korean J. Food Preserv.*, Vol.13, No.5 pp. 563-568, (2006).
2. D. K. Kim, S. U. Chon, K. D. Lee, K. H. Kim, Y. S. Rim, "Effect of seeding times on yield and flavonoid contents of mungbean", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.53, No.3 pp. 273-278, (2008).
3. J. C. Song, *Food material science*. Kyomoon Publishing Co., pp. 248-249, (1994).
4. F. Lai, Q. Wen, L. Li, H. Wu, X. Li, "Antioxidant activities of water-soluble polysaccharide extracted from mung bean (*Vigna radiata* L.) hull with ultrasonic assisted treatment", *Carbohydr. Polym.*, Vol.81, No.2 pp. 323-329, (2010).
5. Y. T. Kim, M. S. Lee, A. J. Kim, "Changes in antioxidative activities and general composition of mung beans according to roasting temperature", *J. East Asian Soc. Dietary Life*, Vol.24, No.2 pp. 217-223, (2014).
6. Y. H. Kang, Y. K. Park, S. R. Oh, K. D. Moon, "Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extract", *Korean J. Soc. Food Sci. Technol.*, Vol.27, No.6 pp. 978-984, (1995).
7. V. Pandhair, B. S. Sekhon, "Reactive oxygen species and antioxidant in plants: an overview", *J. Plant Biochem. Biotechnol.*, Vol.15, No.2 pp. 71-78, (2006).
8. Y. J. Cho, I. S. Ju, O. J. Kwon, S. S. Chun, B. J. An, J. H. Kim, "Biological and antimicrobial activity of *Portulaca oleracea*", *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, Vol.51, No.1 pp. 49-54, (2008).

9. D. Y. Oh, H. S. Kim, "Evaluation of oxidation inhibition and nitrogen oxide scavenging activity from *Curcuma longa* L. extract", *J. Korean Appl. Sci. Technol.*, Vol.36, No.1 pp. 13–22, (2019).
10. H. S. Oh, J. H. Kim, M. H. Lee, "Isoflavone content, antioxidative, and fibrinolytic activities of red bean and mung bean", *Korean J. Food Cook Sci.*, Vol.19, No.3 pp. 263–270, (2003).
11. D. K. Kim, S. U. Chon, K. D. Lee, J. B. Kim, Y. S. Rim, "Variation of flavonoids contents in plant parts of mungbean", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.53, No.3 pp. 279–284, (2008).
12. D. K. Kim, D. M. Son, J. K. Choi, S. U. Chon, K. D. Lee, Y. S. Rim, "Growth property and seed quality of mungbean cultivars appropriate for labor saving cultivation", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.55, No.3 pp. 239–244, (2010).
13. J. Y. Imm, S. J. Kim, "Anti-cancer and anti-inflammatory effects of mung bean and soybean extracts", *Korean J. Food Sci. Technol.*, Vol.42, No.6 pp. 755–761, (2010).
14. H. R. Wi, M. J. Choi, S. L. Choi, A. J. Kim, M. S. Lee, "Effects of vitexin from mung bean on 3T3-L1 adipocyte differentiation and regulation according to adipocytokine secretion", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, Vol.41, No.8 pp. 1079–1085, (2012).
15. AOAC, Official methods of analysis (16th ed). Washington, DC: Association of official analytical chemists. (1990).
16. H. S. Kim, "Studies on the amino acid and fatty acid compositions in the seed and pulpy substance of feral peach (*Prunus persica* Batsch var. *dabidiana* Max)", *J. Life Sci.*, Vol.17, No.1 pp. 125–131, (2007).
17. KFDA, Korea food and drug association, Ministry of food and drug safety, Osong, Korea, pp. 365–392, (2005).
18. D. Y. Oh, H. S. Kim, "Physicochemical properties of the turmeric (*Curcuma longa* L.) in Jindo korea", *J. Environ. Sci. Int.*, Vol.28, No.4 pp. 403–412, (2019).
19. H. S. Kim, M. A. Kim, Y. Duan, S. H. Jang, D. S. Kang, W. K. Lee, J. Y. Ryu, "Fatty acid compositions, mineral and vitamin contents of the antarctic krill (*Euphausia superba*)", *J. Environ. Sci. Int.*, Vol.23, No.1 pp. 47–52, (2014).
20. E. G. Bligh, W. J. Dyer, "A rapid method of total lipid extraction and purification", *Canada J. Biochem. Physiol.*, Vol.37, No.8 pp. 911–917, (1959).
21. O. M. Kim, Y. A. Gu, Y. J. Jeong, "Characteristics of mung bean powders after various hydrolysis protocols", *Korean J. Food Preserv.*, Vol.14, No.3 pp. 301–307, (2007).
22. S. Jung, M. K. Kim, B. Y. Choi, "The long-term relationship between dietary pantothenic acid (vitamin B<sub>5</sub>) intake and C-reactive pretein concentration in adults aged 40 years and older", *Nutr. Metab. Cardiovasc Dis.*, Vol.27, No.9 pp. 806–816, (2017).
23. D. S. Kim, H. S. Kim, S. J. Hong, J. J. Cho, J. Lee, E. C. Shin, "Comparison of the retention rates of thiamin, riboflavin, and niacin between normal and high-oleic peanuts after roasting", *Appl. Biol. Chem.*, Vol.61, No.4 pp. 449–458, (2018).
24. M. Nematy, A. Mehdizadeh, F. Razmpour, "A review on nutrition and skin aging", *Iranian J. Dermatol.*, Vol.18, No.1 pp. 20–24, (2015).
25. A. K. Kim, S. K. Kim, A. R. Lee, "Comparison of chemecal composition and gelatinization property of mungbean flour and starch", *Korean J. Soc. Food Sci.*, Vol.11, No.5 pp. 472–478, (1995).
26. J. A. Hoeck, W. R. Fehr, P. A. Murphy, G. A. Welke, "Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean", *Crop Sci.*, Vol.40, No.1 pp. 48–51, (2000).
27. M. J. Noh, J. H. Kwon, Y. J. Kwon, E.

- Y. Huh, Y. S. Kwon, M. W. Byun, "Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide fumigation on disinfestation and physicochemical properties of mung bean", *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, Vol.30, No.3 pp. 444-449, (2001).
28. D. K. Kim, D. M. Son, J. G. Choi, H. R. Shin, S. U. Chon, K. D. Lee, K. Y. Jung, Y. S. Rim, "Comparison in seed and sprout quality under different cropping patterns in mungbean", *Korean J. Crop Sci.*, Vol.56, No.3 pp. 212-218, (2011).
29. R. B. Wolf, J. F. Cavins, R. Kleiman, L. T. Black, "Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Vol.59, No.5 pp. 230-232, (1982).
30. C. Tsukamoto, S. Shimada, K. Igita, S. Kudou, M. Kokubun, K. Okubo, K. Kitamura, "Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development", *J. Agric. Food Chem.*, Vol.43, No.5 pp. 1184-1192, (1995).
31. Y. I. Jin, S. Y. Hong, S. J. Kim, H. C. Ok, Y. J. Lee, J. H. Nam, Y. H. Yoon, J. C. Jeong, S. A. Lee, "Comparison of antioxidant activity and amino acid components of mungbean cultivars grown in highland area in Korea", *Korean J. Environ. Agric.*, Vol.29, No.4 pp. 381-387, (2010).