

도라지 종자의 영양학적 특성 평가

김양지 · 우혜련 · 임지영* · 김석중†

동덕여자대학교 식품영양학과

*국민대학교 식품영양학과

(2018년 4월 28일 접수: 2018년 6월 19일 수정: 2018년 6월 25일 채택)

Evaluation of Nutritional Characteristics of *Platycodon grandiflorum* Seeds

Yangji Kim · Hyeryeon Woo · Jee-Young Imm* · Seok Joong Kim†

†Department of Food and Nutrition, Dongduk Women's University, Seoul 136-714, Korea

*Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received April 28, 2018; Revised June 19, 2018; Accepted June 25, 2018)

요약 : 본 연구에서는 도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC) 종자의 영양학적 특성을 평가하기 위해 일반성분, 조섬유, 환원당, 유리당, 유기산, 무기질 및 아미노산 함량을 분석하였다. 종자의 수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 탄수화물 함량은 각각 6.97, 26.05, 27.46, 3.78, 35.74%였으며 조섬유 함량은 6.31%, 환원당 함량은 1.54%이었다. 종자에 존재하는 유리당으로는 sucrose가 1,661 mg/100 g, 유기산으로는 lactic acid가 1,224 mg/100 g 으로 가장 풍부하였으며, 인과 칼륨이 주요 무기질로서 700 mg/100 g 이상 존재하였다. 종자 100 g에서의 아미노산 조성을 분석한 결과, 글루탐산(3.45 g), 아르기닌(2.51 g), 아스파르트산(1.66 g), 루신(1.29 g), 라이신(1.10 g), 알라닌(1.05 g), 글리신(1.04 g) 순이었으며 그 외의 아미노산은 1 g 이하로 존재하였다.

주제어 : 도라지 종자, 일반성분, 유기산, 무기질, 아미노산

Abstract : In this study, proximate composition, crude fiber, reducing sugar, free sugars, organic acids, minerals and amino acids of *Platycodon grandiflorum* seeds were analyzed to evaluate its nutritional value. Moisture, crude protein, crude fat, crude ash and carbohydrate contents of seeds were 6.97, 26.05, 27.46, 3.78 and 35.74%, respectively. Crude fiber of 6.31% and reducing sugars of 1.54% were also determined. Sucrose(1,661 mg/100 g) and lactic acid(1,224 mg/100 g) were most abundant free sugar and organic acid, respectively. Both phosphorus and potassium were main minerals that contained more than 700 mg in 100 g seeds. Amino acids analysis of 100 g seeds showed that glutamic acid(3.45 g), arginine(2.51 g), aspartic acid(1.66 g), leucine(1.29 g), lysine(1.10 g), alanine(1.05 g) and glycine(1.04 g) were abundantly contained in order, while others were less than 1 g.

Keywords : *Platycodon grandiflorum* seed, proximate composition, organic acid, mineral, amino acid

†Corresponding author

(E-mail: skim@dongduk.ac.kr)

1. 서론

식물의 종자는 수분과정 후에 얻어진 성숙 난자 산물로서 향후 식물발생에 필요한 모든 정보와 생체분자, 그리고 이를 보호하는 물질들을 소유하고 있다. 종자에 따라 구성성분의 함량에는 차이가 있다하더라도 일반적으로 배유부분에는 미래 식물체로 성장하기 위한 영양성분인 단백질, 탄수화물, 지방 등이 풍부하게 존재한다[1]. 또한 종자의 바깥층과 배에는 미네랄, 비타민, 그리고 식물의 DNA를 보호하는 물질들[2], 산화적 스트레스와 방사선 손상, 병원균 및 해충으로부터 종자를 보호하는 polyphenols 류[3], 그리고 식물세포막 성분인 phytosterols 류[4]도 풍부하며 이들은 인간의 다양한 질병의 예방과 치료에도 관련이 깊은 것으로 알려져 있다[1]. 이러한 성분적 특성을 지닌 종자는 영양공급 면에서 중요소재로서 자주 이용되는데, 종자의 특성에 따라 그대로 또는 가루, 전분, 유지 등으로 가공하여 섭취되고 있다. 예를 들어 지방 함량이 높은 콩, 목화종자, 유채종자, 해바라기종자, 들깨종자, 참깨종자 등의 경우에는 식용유지 제조에 많이 이용되고 있다[5]. 일반적으로 종자의 지방은 식물체로 받아하는데 필요한 에너지나 당의 생성에 필요한 물질이며[6], 동물지방에 비해 불포화지방과 지용성비타민 A, D, E 등의 함량이 높아 건강에 좋은 것으로 알려져 있다. 한편, 유지추출 후 남은 탈지박은 단백질과 탄수화물의 함량이 높아 사료로 가치가 높으며, 단백질의 경우 분리, 정제를 통해 식품, 화장품, 약제 분야에서 활용이 된다[7]. 이처럼 종자가 지닌 영양적, 기능적 특성, 그리고 부산물의 활용에 대한 관심이 높아지면서 최근에 새로운 종자 자원을 발굴하여 이를 식품 및 기능성소재로서 활용하려는 연구가 더욱 활발해지고 있다.

도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 주로 뿌리가 예로부터 나물 등의 식용소재 뿐 아니라 천식, 기침, 해열 등의 효능을 지닌 약재로 널리 사용되어 왔다[8]. 이에 따라 도라지에 대한 연구는 거의 뿌리에 대한 생리활성이나 이와 관련된 효능성분에 관해 집중적으로 이루어졌다[9]. 그 결과, 도라지 뿌리의 주요 생리활성이 platycodin D 등의 triterpenoid saponin 류와 관련이 큰 것으로 확인되었다[10,11]. 그러나 뿌리에 비해 도라지 종자에 대한 연구는 매우 미미하여 조지방, 조단백질 함량[12]이나 flavonoid[13] 존

재 정도이다. 특히, 다른 종자류처럼 식품소재로의 활용과 관련된 연구는 Kim 등[14]이 수행한 초임계 도라지 종자유 추출을 제외하고는 전무한 상황이다.

이에 본 연구에서는 도라지 종자의 식품소재화에 기초자료로 쓰일 수 있는 영양 정보를 제공하고자 종자의 기본적인 성분분석을 실시하였다.

2. 실험

2.1. 재료

구입한 도라지 종자(Danong, Namyangju, Korea)는 채를 이용해 모래 등 불순물을 제거한 다음, 분쇄기를 사용해 분말을 제조하여 성분분석에 사용하였다. 특별한 언급없이 분석에 사용한 표준품은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA) 제품이었고 그 외 시약들은 분석 등급용을 구입하여 사용하였다.

2.2. 일반 성분 분석

도라지 종자의 일반성분 분석은 AOAC 표준법에 준하여 Kim의 방법[15]에 따라 실시하였다. 수분은 105°C에서의 상압가열 건조법, 조지방은 diethyl ether를 사용한 Soxhlet 추출법, 조단백질은 총질소 함량 분석용 Kjeldahl 법, 조회분 550°C에서의 직접회화 및 중량측정법으로 정량하였고 탄수화물 함량은 이들 성분을 제한 값으로 하였다. 그리고 환원당 함량은 Somogyi 법, 조섬유 함량은 변형 Henneberg-Stohmann법으로 측정하였다.

2.3. 색도 분석

색도 분석을 위해 종자를 petridish(60×15 mm)에 담아 색차계(CR-400, Konica Minolta Inc)를 이용해 Hunter color system의 명도(L값), 적색도(a값) 및 황색도(b값)를 측정하였으며 보정에 사용한 표준 백색판은 L=93.26, a=-0.67, b=3.49였다.

2.4. 유리당 분석

유리당 분석을 위한 시료 전처리로서 먼저 시료 중 지방제거를 위해 50 mL 원심분리관에 분쇄된 시료 5 g을 정밀히 달아 넣고, 25 mL petroleum ether로 분산시켰다. 이를 2,000 rpm에서 약 10 min간 원심분리한 후 고형분이 제거

되지 않도록 조심스럽게 petroleum ether를 제거하고 질소를 이용해 완전히 증발시켰다. 지방이 제거된 시료에 증류수 25 mL를 가하여 무게를 확인한 후 이를 85°C에서 25 min간 가온하여 당류를 추출하고 실온으로 냉각시킨 다음 기록한 추출용매의 무게가 될 수 있도록 추출용매를 첨가하였다. 이를 여과(0.45 μ m)시킨 다음 RID 검출기가 장착된 HPLC(Agilent HPLC system, Santa Clara, CA, USA)를 이용해 분석하였다. 사용한 칼럼은 Waters Carbohydrate High Performance(250×4.6 mm, 4.0 μ m)이었으며 칼럼온도는 35°C, 시료 주입량 20 μ L, 이동상은 80% acetonitrile을 유속 1.0 mL/min로 흘리며 30 min간 분석을 실시하였다. 검량에 사용한 표준품은 fructose, glucose, sucrose, maltose, lactose이었다.

2.5. 유기산 분석

시료 약 1~10 g (구연산으로서 약 100 mg이 되도록)을 정밀하게 취하여 증류수 50 mL를 첨가하여 교반시켰다. 이 용액 10 mL를 acetonitrile : DW (1:1) 용액 10 mL로 미리 활성화시킨 C₁₈ cartridge에 가한 다음, 초기 유출액 4~5mL를 제거한 후 나머지 용출액을 분취하였다. 분취된 용출액은 여과(0.45 μ m)시킨 다음 PDA 검출기가 부착된 HPLC system(Shiseido, Osaka, Japan)을 이용해 분석하였다. 사용한 칼럼은 Provail Organic Acid(250×4.6 mm, 5 μ m), 검출기 PDA (214 nm)이었으며 컬럼 온도 40°C, 주입량 10 μ L, 이동상은 phosphoric acid를 이용해 pH 2.4로 조절한 0.24 M KH₂PO₄ 용액이었으며 유속은 0.4 mL/min 이었다. 검량에 사용한 표준품은 oxalic acid, lactic acid, acetic acid, citric acid, succinic acid 이었다.

2.6. 무기질 분석

시료 0.1 g에 진한 질산 10 mL를 가하고 200°C에서 2 hr 동안 가열하여 완전히 분해시켜 얻은 시료에 대해 VistaChip II CCD 검출기가 장착된 ICP(Agilent Technologie 720 ICP-OES, Santa Clara, CA, USA)장비를 이용해 분석하였다. 검량에 사용한 표준품은 Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Se, Zn 이었다.

2.7. 아미노산 분석

시료 일정량을 유리용기에 넣고 시료 단백질을

양의 약 1,000 배량(10 mL)에 해당하는 0.05% 2-mercaptoethanol 함유 6 N 염산용액을 가한다. 이를 드라이아이스로 냉각시킨 ethanol로 동결시킨 후 탈기장치에 장착하여 용해, 동결을 반복하면서 충분히 탈기시킨다. 그 다음 유리용기를 봉관시킨 후 정온가열(110±1°C, 22~24 hr)하여 단백질을 가수분해시킨 다음, 봉관을 절단하고 즉시 감압하여 40°C에서 농축건조를 반복하여 염산을 최대한 제거한다. 여기에 0.02 N 염산용액을 가한 후 여과(0.45 μ m)시켜 HPLC(Agilent HPLC system) 분석을 위한 시료로 사용하였다. 시료용액은 분석에 앞서 *o*-phthalaldehyde으로 1차 유도체화, 9-fluorenylmethoxy carbonyl chloride로 2차 유도체화시켰다. HPLC 분석 조건은 컬럼 Capcellpak UG120 C₁₈(250×4.6 mm, 5 μ m), 검출기 PDA(proline은 262 nm, 나머지 아미노산은 338 nm), 컬럼온도 40°C, 유속 1.5 mL/min, 주입량은 프로그램에 의한 방법으로 결정되었다. 이동상은 A 용매[40 mM NaH₂PO₄(pH7.4)]와 B 용매[acetonitrile : methanol : DW (45:45:10)]를 사용한 농도구배(0 min : A 95%, B 5%, 31 min : A 44%, B 56%, 33 min : A 44%, B 56%, 34 min : A 0%, B 100%, 38 min : A 0%, B 100%)로 흘려주었다. 표준품은 Agilent technologies사의 amino acid standard mix 애플을 희석하여 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반성분 분석

도라지 종자의 외형은 Fig. 1과 같았으며 색도를 분석한 결과, 명도(L값)는 30.67±0.26, 적색도(a값)는 1.34±0.15, 황색도(b값)는 1.65±0.31로 나타나 전체적으로 어두운 갈색을 나타내었다.

일반성분을 분석한 결과(Table 1), 수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 탄수화물, 조섬유 함량은 각각 6.97, 26.05, 27.46, 3.78, 35.74, 6.31%로 나타났다. 이러한 성분특성을 유지자원으로 널리 쓰이는 들깨[16,17], 참깨 및 대두[18]와 비교해 보았다. 도라지 종자의 지방 함량은 들깨(48.71~51.7%)와 참깨(49.67%)보다는 낮았으나 가장 많이 쓰이는 콩기름 제조용 대두가 19.94%임을 고려할 때, 도라지 종자는 새로운 유지자원으로서의 가능성은 있다고 판단된다.

Fig. 1. Appearance of *P. grandiflorum* seeds

한편, 단백질 함량은 26.05%로서 대두보다는 낮았으나 들깨 및 참깨보다는 높았고 탄수화물 함량(35.74%)은 다른 종자들에 비해 가장 높았다. 이는 지방 추출 후 얻어진 탈지박을 식품이나 사료로 사용 시 단백질이나 탄수화물의 우수한 공급원이 될 수 있다고 판단된다.

3.2 환원당, 유리당 및 유기산 분석

종자에 존재하는 유리당을 분석한 결과(Table 2), sucrose가 1,661 mg/100 g 으로 가장 풍부하였고 glucose와 fructose는 29 mg/100 g의 미량으로 존재하였으며 maltose와 lactose는 검출되지 않았다. 도라지 종자의 환원당 함량은 1.54%로 유채종자(4.04)[15]나 들깨종자(2.24%)[16]에 비해 낮았는데 이는 도라지 종자에 비환원성 sucrose 함량이 상대적으로 높기 때문으로 추정된다. 유기산을 분석한 결과에서는 lactic acid가 1,224 mg/100 g 으로 가장 풍부했으며 그 다음

으로 citric acid가 128 mg/100 g 으로 확인되었다. 반면 oxalic acid, succinic acid, acetic acid는 검출한계 이하였다.

Table 2. Reducing sugar, free sugar and organic acid contents of *P. grandiflorum* seeds

Reducing sugar(g/100 g)	1.54
Free sugar(mg/100 g)	
Sucrose	1,661
Glucose	29
Fructose	29
Maltose	-
Lactose	-
Organic acid(mg/100 g)	
Lactic acid	1,224
Citric acid	128
Oxalic acid	-
Succinic acid	-
Acetic acid	-

3.3. 무기질 조성

도라지 종자의 회분은 3.78%로 나타났는데 이는 참깨, 대두보다는 낮고 들깨보다는 다소 높은 값이었다(Table 1). 이 회분에 존재하는 무기질을 분석한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같이 인(758 mg/100 g)과 칼륨(706 mg/100 g)함량이 상대적으로 높았고 그 다음 마그네슘(245 mg/100 g) > 칼슘(140 mg/100 g)으로 풍부하였

Table 1. Comparison of proximate compositions of *P. grandiflorum* seeds with other seeds

Seeds	Content(% , w/w)					
	Water	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate	Crude fiber
<i>P. grandiflorum</i>	6.97	26.05	27.46	3.78	35.74	6.31
Perilla[16]	2.91	20.74	48.71	3.49	20.74	14.81
Perilla[17]	7.4	17.4	51.7	3.6	20.3	
Sesame[18]	4.69	17.73	49.67	4.45	23.45	11.8
Soybean[18]	8.54	36.49	19.94	4.87	30.16	9.3

다. 나머지 무기질은 미량으로서 철 > 아연 > 망간 > 구리 순이었으며 셀레늄은 검출되지 않았다. 도라지 종자의 인, 철(24.3 mg/100g), 아연(8.93 mg/100g) 함량은 대두(15.7 mg/100 g), 들깨(9 mg/100 g), 참깨(14.55 mg/ 100 g)보다 높게 나타났으며, 칼륨은 대두(1,797 mg/100 g) 보다는 낮으나 다른 종자보다는 높았다. 반면 칼슘 함량은 대두(227 mg/100 g), 들깨(269 mg/100 g) 및 참깨(975 mg/100 g)종자 보다 낮았다[17,18].

Table 3. Minerals composition of *P. grandiflorum* seeds

Minerals	mg/100 g
Phosphorus, P	758
Potassium, K	706
Magnesium, Mg	245
Calcium, Ca	140
Iron, Fe	24.3
Zinc, Zn	8.93
Manganese, Mn	3.93
Copper, Cu	1.25
Selenium, Se	-

3.5. 아미노산 조성

도라지 종자의 아미노산 조성을 분석한 결과 (Fig. 2), 시료 100 g당 글루탐산이 3.45 g으로 가장 많았고 그 다음 아르기닌 (2.51 g) > 아스파르트산 (1.66 g) > 루신 (1.29 g) > 라이신 (1.10 g) > 알라닌 (1.05 g) > 글리신(1.04 g) 순이었으며 그 외의 아미노산 함량은 1 g 이하였다. 구성 아미노산 중에서 아스파르트산, 라이신, 알라닌, 프롤린(0.87 g), 트레오닌(0.74 g), 히스티딘 (0.64 g) 함량은 들깨 및 참깨종자보다 높았고 아르기닌, 루신, 글리신, 발린(0.84 g), 이소루신(0.72 g) 함량은 들깨종자보다 높았다 [17,18]. 특히, 루신, 라이신, 발린 트레오닌, 이소루신, 히스티딘은 필수아미노산이며 아르기닌은 소아에서는 요구량이 높아 필수아미노산으로 분류되는 아미노산으로써 그 영양적 가치가 높다. 또한 전체 아미노산 함량에 대한 필수아미노산 비율은 도라지 종자가 34.8%로 들깨(30.0%)와 참깨(33.4%)종자보다 높았으며 황함유 아미노산인 메티오닌의 경우 전체 아미노산에 대한 비율

이 대두보다도 도라지 종자에서 높게 나타났다 [17,18].

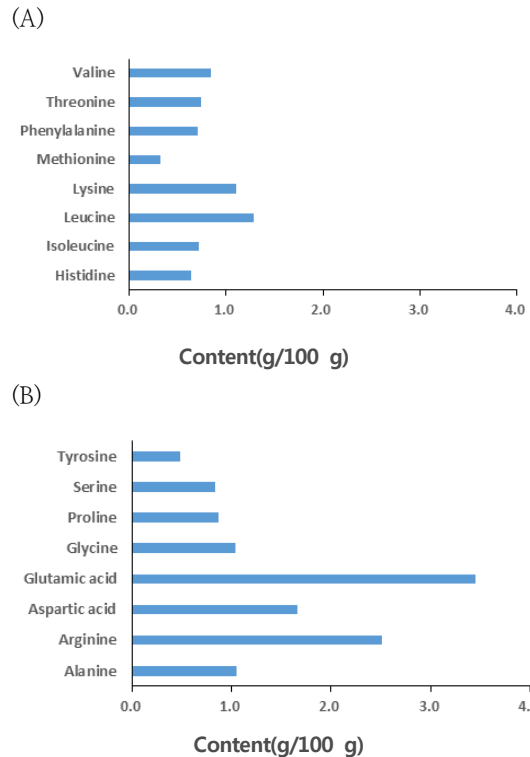


Fig. 2. Essential(A) and non-essential(B) amino acids contents in *P. grandiflorum* seeds

4. 결론

본 연구에서는 새로운 식용자원으로 도라지 종자의 활용 가능성을 확인하고자 일반성분, 조섬유, 환원당, 유리당, 유기산, 무기질, 아미노산 함량을 분석하였다.

1. 도라지 종자는 27.46%의 비교적 높은 지방 함량을 가진 소재로서 새로운 유기자원으로 의 활용이 가능하다고 여겨졌다.
2. 도라지 종자는 단백질과 탄수화물 함량이 높아 지방 추출 후 얻어진 탈지박을 식품이나 사료로 활용가능성이 있다고 판단된다.

3. 도라지 종자의 무기질 분석 결과 인과 칼륨의 함량이 각각 758 mg/100 g, 706 mg/100 g으로 다른 무기성분에 비해 월등히 높았다.
4. 아미노산 분석 결과 글루탐산이 3.45 g/100 g으로 가장 높았고 아르기닌이 2.51 g/100 g으로 뒤를 이었으며 필수아미노산은 루신, 라이신, 발린 순으로 높았다.

결론적으로 도라지 종자는 새로운 유지, 단백질, 탄수화물 등의 자원으로서의 영양적 가치가 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2011-0025524)과 (재)오투기재단의 연구 및 출판지원사업에 의해 지원받아 수행된 것으로, 이에 감사드립니다.

References

1. E. Ros, F. B. Hu, "Consumption of Plant Seeds and Cardiovascular Health: Epidemiologic and Clinical Trial Evidence", *Circulation.*, Vol.128, No.5 pp. 553-565, (2013).
2. P. H. Raven, R. F. Evert, S. E. Eichhorn, *Biology of Plants*. 7th ed. New York, NY: WH Freeman and Co., (2005).
3. R. Tsao, "Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols", *Nutrients*, Vol.2, No.12 pp. 1231-1246, (2010).
4. M. A. Hartmann, "Plant Sterols and the Membrane Environment", *Trends Plant Sci.*, Vol.3, No.5 pp. 170-175, (1998).
5. B. Kevith, "Nutritional Aspects of Oilseeds", *Nutr. Bull.*, Vol.30, No.1 pp. 13-26 (2005).
6. S. Borek, W. Ratajczak, L. Ratajczak, "Regulation of Storage Lipid Metabolism in Developing and Germinating Lupin (*Lupinus* spp.) Seeds", *Acta Physiol. Plant.*, Vol.37, doi:10.1007/s11738-015-1871-2, (2015).
7. I. M. Rodrigues, J. F. J. Coelho, M. G. V. S. Carvalho, "Isolation and Valorisation of Vegetable Proteins from Oilseed Plants: Methods, Limitations and Potential", *J. Food Eng.*, Vol.109, No.3 pp. 337-346, (2012).
8. H. C. Kim, *Hanyakyakrihak*, pp. 350-352, Jibmoondang, (2001).
9. L. Zhang, Y. Wang, D. Yang, C. Zhang, N. Zhang, M. Li, Y. Liu, "Platycodon grandiflorus an Ethnopharmacological, Phytochemical and Pharmacological Review", *J. Ethnopharmacol.* Vol.164, pp. 147-161, (2015).
10. A. Tada, Y. Kaneiwa, S. Shibata, "Studies on the Saponins of the Root of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle. I. Isolation and the Structure of Platycodin-D", *Chem. Pharm. Bull.*, Vol.23, No.11 pp. 2965-2972, (1975).
11. E. Nyakudya, J. H. Jeong, N. K. Lee, Y. S. Jeong, "Platycosides from the Roots of *Platycodon grandiflorum* and Their Health Benefits", *Prev. Nutr. Food Sci.*, Vol.19, No.2 pp. 59-68, (2014).
12. E. C. M. Coxworth, "Oil and Protein Content, and Oil Composition of the Seeds of Some Plants of the Canadian Prairies", *JAOCS*, Vol.42, No.10 pp. 891-894, (1965).
13. A. Inada H. Murata, M. Somekawa, T. Nakanishi, "Phytochemical Studies of Seeds of Medicinal Plants. II. A New Dihydroflavonol Glycoside and a New 3-methyl-1-butanol Glycoside from Seeds of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle", *Chem. Pharm. Bull.*, Vol.40, No.11 pp. 3081-3083, (1992).
14. Y. Kim, J. Imm, S. J. Kim, "Characterization of *Platycodon grandiflorum* Seeds Oil Extracted by Supercritical Carbon Dioxide", *J. Oil. App. Sci.*, Vol.35, No.1 pp. 99-110, (2018).

15. S. J. Kim, "Changes in Approximate Composition, Antioxidant Activity and Melatonin Content of Rapeseed during Germination", *Korean J. Food Preserv.*, Vol.23, No.6 pp. 839-837, (2016).
16. S. J. Kim, "Inhibitory Effect of Perilla Sprouts Extracts on Oxidation of Perilla Oil", *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, Vol.29, No.2 pp. 330-338, (2012).
17. T. Longvah, Y. G. Deosthale, "Chemical and Nutritional Studies on Hanshi (*Perilla frutescens*), a Traditional Oilseed from Northeast India", *JAOCs*, Vol.68, No.10 pp. 781-784, (1991).
18. U.S. Department of Agriculture, USDA Food Composition Databases [Internet]. Washington D.C., Available from : <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accessed Jan., 3. 2018)