

## 국내 콩 유전자원의 Isoflavone 함량 변이

정명근\* · 강성택\*\* · 한원영\*\*\* · 백인열\*\*\* · 김현경\*\*\* · 신두철\*\*\* · 강남숙\*\*\*  
황영선\* · 안영남\* · 임정대\* · 김관수\*\*\*\* · 박시형\*\*\*\* · 김선림\*\*†

\*강원대학교 생약자원개발학과, \*\*작물과학원, \*\*\*작물과학원 영남농업연구소, \*\*\*\*목포대학교 생약자원학과

### Variation of Isoflavone Contents in Korean Soybean Germplasms

Myoung-Gun Choung\*, Sung-Taeg Kang\*\*, Won-Young Han\*\*\*, In-Youl Baek\*\*\*, Hyeun-Kyeong Kim\*\*\*  
Doo-Chull Shin\*\*\*, Nam-Suk Kang\*\*\*, Young-Sun Hwang\*, Young-Nam An\*, Jung-Dae Lim\*  
Kwan-Su Kim\*\*\*\*, Si-Hyung Park\*\*\*\*, and Sun-Lim Kim\*\*†

\*Department of Pharmacognosy Material Development, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

\*\*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

\*\*\*Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Milyang 627-130, Korea

\*\*\*\*Department of Medicinal Plant Resources, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

**ABSTRACT** Isoflavone in soybean is known to have the important physiological functions such as antioxidative, estrogenic, and anti-tumor activities. Therefore, isoflavone content is considered as important aspect of soybean quality. The objectives of this study are to determine the isoflavone contents of soybean germplasms including major cultivars in Korea, and to provide the basic information of isoflavone for development soybean cultivar containing high isoflavone content. Among 43 Korean major cultivated soybean samples, the total isoflavone contents were varied from 277.0  $\mu\text{g/g}$  to 2,002.0  $\mu\text{g/g}$ , and the average total isoflavone content was 1,017.3 $\pm$ 390.0  $\mu\text{g/g}$ . Total isoflavone content of Seokryangputkong (2,002  $\mu\text{g/g}$ ) was the highest among those of the other cultivated soybeans. On the other side, Hwangkeumkong (277  $\mu\text{g/g}$ ) contained lower isoflavone than other cultivars. The total isoflavone content of vegetable use or early maturity soybean cultivar (1,438 $\pm$ 493.7  $\mu\text{g/g}$ ) showed more higher total isoflavone content than others. The daidzein, glycitein, genistein and total isoflavone contents of 648 soybean germplasms collected in Korea, were ranged 16.9~2,019.8  $\mu\text{g/g}$ , 0~294.9  $\mu\text{g/g}$ , 38.5~1,337.7  $\mu\text{g/g}$ , and 82.6~3,479.2  $\mu\text{g/g}$ , respectively, and total isoflavone content of IT 180001 line (3,479.2  $\mu\text{g/g}$ ) was the highest among those of other soybean germplasm lines.

**Keywords** : soybean, isoflavone content, germplasm, genistein, daidzein

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6886  
(E-mail) kimsl@rda.go.kr

콩은 단백질과 지질 함량이 높고 필수 아미노산과 필수 지방산이 풍부하여 육류의 섭취량이 비교적 적은 우리나라를 비롯한 동양에서는 중요한 단백질과 지질의 공급원으로 오랫동안 이용, 섭취해온 영양식품의 원료이며, 영양성분 외에도 생리적 조절 작용에 관여하는 생리활성물질을 다량 보유하고 있어 우리의 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있다 (Kwon, 2000).

콩에 함유된 활성물질로 isoflavones, oligosaccharides, saponins, phytic acids, trypsin inhibitors 등이 알려져 있으며, 특히 여성호르몬인 estrogen과 구조적으로 유사한 isoflavone이 가장 큰 주목을 받고 있다(Coward *et al.*, 1993; Kennedy, 1995). Flavonoid 화합물의 한 종류로 알려진 isoflavone은 일반 세포내에서 estrogen receptor와 결합할 수 있는 능력으로 인하여 phytoestrogen으로도 알려져 있다 (Dixon, 2002).

최근 Isoflavone은 여러 임상적 실험들을 통해 건강에 유익한 역할을 하는 것으로 밝혀졌는데, 특히 체내에서 여러 종류의 종양, 심장병, 그리고 골다공증의 발생빈도를 낮추며, 갱년기 증상을 완화시켜 주는 것으로 알려져 있고 (Coward *et al.*, 1993; Wei *et al.*, 1993; Krishnan, 1998; Jun *et al.*, 2003; Boue *et al.*, 2003), 현재 콩에 함유된 isoflavone 중 기능성이 증명된 것은 genistin, genistein, daidzin, daidzein이며, 이들의 함량은 콩의 품종, 재배환경 및 부위에 따라 차이가 있는 것으로 보고되고 있다(Eldridge & Kwoler, 1983; Dwyer *et al.*, 1994; Moon *et al.*, 1996).

또한 작물 체내에서 isoflavone이 phytoalexin의 전구물질로 작용하여 내병성을 증진시키는데 효과적이라는 연구결과가 발표되면서 작물 체내에서 isoflavone이 나타내는 기능성에 대한 관심도 급격히 증가하고 있다(Kosslak *et al.*, 1987; Morris *et al.*, 1991).

본 연구는 국내 육성 콩 주요품종 및 보존 유전자원에 함유된 isoflavone 함량을 평가하여 isoflavone 고 함유 유용자원 선발 및 콩 우량품종 육성의 기초 자료로 활용하고, 더 나아가 콩의 산업적 활용도 증진을 위한 국내 자원의 이용성 증진 및 콩 유전자원 연구의 기초를 제공하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

본 실험에 사용된 콩 주요 43품종(장류 및 두부콩 : 17품종, 나물콩 : 11품종, 풋콩 및 울콩 : 6품종, 혼반용콩 : 9품종) 및 국내 보존 콩 유전자원 648계통은 경상남도 밀양시 소재 농촌진흥청 작물과학원 영남농업연구소 전작물 재배포에서 6월 중순에 파종하여 재배한 후 수확하였고, 수확된 콩 종실시료는 1.0 mm 체가 장착된 분쇄기를 이용하여 분쇄하였다.

콩 분석시료의 수분함량은 분쇄시료 약 2.0 g을 105°C 조건의 건조기에서 2시간 동안 건조하여 건조 전과 건조 후의 무게 변화를 기초로 수분의 함량을 평가하는 상압가열건조법으로 분석하였고, isoflavone 함량은 수분함량을 보정한 건물 중으로 환산하여 사용하였다.

#### Isoflavone의 추출 및 분석

Isoflavone 함량은 Wang & Murphy(1994)의 방법을 변형한 HPLC 법으로 정량하였다. 즉, 콩 분쇄시료 1.0 g에 1N-염산 10 mL를 첨가하고 105°C에서 180분 동안 가수분해하여 isoflavone 배당체를 aglycone으로 전환하였고, 상온에서 완전히 냉각 한 뒤 메탄올 15 mL를 첨가하고 3시간 동안 교반 후 10,000 rpm에서 5분간 원심분리를 실시하였다. 원심분리 된 상정액은 다시 메탄올로 희석(상정액 1 mL + 메탄올 1 mL)하였고, syringe filter(13 mm/0.45 µL)로 여과한 뒤 HPLC 분석을 실시하였다.

HPLC는 TSP사의 HPLC 시스템을 사용하였으며, column은 Merck사의 ODS 계열인 Lichrosper 100 RP-18e cartridge column(125×4 mm, 5 µm)을 사용하였다. 이동상은 1 mM ammonium acetate를 함유한 증류수와 메탄올을 60 : 40의 비율로 혼합한 단 용매 조건으로 35분간 용리하였으며, 유

속은 1.0 mL/min로 조절하였고, 시료 주입량은 20 µL였으며, 검출파장은 260 nm, 컬럼 온도를 25°C로 제한하여 분석하였다.

각 분석시료는 3반복으로 조사되었고, 분석시료별 isoflavone 함량은 외부표준물질의 농도별(0.05~1 µg/20 µL) peak 면적을 기초로 한 검량식( $r \geq 0.999$ )에 의해 계산되었다.

### 결과 및 고찰

#### 한국산 콩 주요 품종의 isoflavone 함량 변이

한국산 콩 주요 43품종을 동일 포장에서 재배한 후 종실에 함유된 isoflavone 함량을 RP-HPLC법으로 조사한 결과 분석용 컬럼으로 Lichrosper 100 RP-18e cartridge column (125×4 mm, 5 µm, Merck)을 사용하고, 이동상으로 1 mM ammonium acetate를 함유한 증류수와 메탄올을 60 : 40의 비율로 혼합한 단 용매 조건에서 유속을 1.0 mL/min로 하였을 경우 각 isoflavone aglycone의 머무름시간은 daidzein이 16.84분, glycitein이 19.04, genistein이 29.03분으로 모두 30분 안에 완전히 분리되었다(Fig. 1).

한국산 콩 주요 43품종의 평균 isoflavone 함량은 daidzein이 484.4±223.9 µg/g, genistein이 448.0±156.2 µg/g, glycitein이 84.9±48.7 µg/g, total isoflavone이 1,017.3±390.0 µg/g을 나타내었고, isoflavone aglycone의 평균 분포비율은 daidzein이 48%, genistein이 44%, glycitein이 8%의 함량분포를 나타내어 daidzein이 가장 높은 비율로 존재하였다(Table 1).

콩 주요 품종 간에도 isoflavone 함량에 큰 차이를 나타내어, 최저(황금콩) 및 최고(석양풋콩) 함량을 나타내는 품종

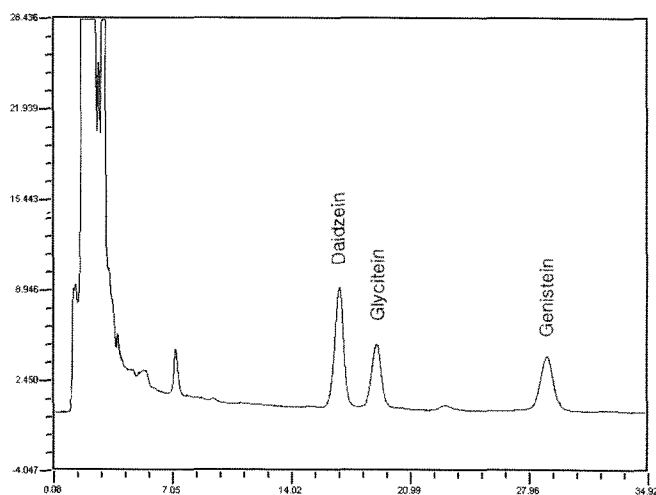


Fig. 1. HPLC chromatogram of soybean isoflavones in Dachwangkong.

Table 1. Comparison of isoflavone contents in Korean major soybean cultivars.

Use	Cultivar	Content ( $\mu\text{g/g}$ )			
		Daidzein	Glycitein	Genistein	Total
Soy sauce & Tofu	Jangyeup	382	75	375	832
	Hwangkeum	124	20	133	277
	Saeal	703	94	489	1,286
	Baekun	575	24	586	1,185
	Dankyung	600	35	412	1,047
	Bokwang	228	34	169	431
	Danweon	583	117	478	1,177
	Jangsu	135	72	234	440
	Malli	490	74	417	981
	Samnam	157	48	332	537
	Duyou	666	149	460	1,275
	Geumgang	351	69	419	840
	Jangmi	489	76	426	990
	Dajang	476	126	533	1,134
	Daewon	605	74	471	1,151
	Ilmi	375	133	362	870
	Dachwang	729	161	735	1,625
	Mean $\pm$ SD	451 $\pm$ 198.9	81 $\pm$ 43.3	414 $\pm$ 146.8	946 $\pm$ 358.1
Bean sprout	Eunha	593	28	377	998
	Namhae	195	43	340	578
	Bukwang	348	18	317	683
	Hannam	199	42	388	630
	Pureun	491	75	421	986
	Sobaeknamul	384	166	324	874
	Somyeong	428	109	560	1,096
	Sowon	528	78	481	1,087
	Doremi	367	139	420	926
	Saebyeol	427	24	477	928
	Sorok	261	54	234	549
	Mean $\pm$ SD	384 $\pm$ 128.9	70 $\pm$ 48.8	395 $\pm$ 91.2	849 $\pm$ 202.7
Vegetable & Early	Keunol	380	122	499	1,001
	Hwaecomput	395	59	344	797
	Seokryangput	1,154	84	764	2,002
	Geomjeongol	761	142	515	1,417
	Saeol	800	47	578	1,426
	Seonnog	967	231	787	1,985
		Mean $\pm$ SD	743 $\pm$ 308.4	114 $\pm$ 67.7	581 $\pm$ 169.4
Cooking with rice	Geomjeong 1	461	58	482	1,000
	Geomjeong 2	571	112	569	1,253
	Ilpumgeomjeong	255	72	174	501
	Seonheuk	616	157	553	1,326
	Jinyul	618	126	755	1,499
	Heukcheong	749	46	709	1,504
	Galmi	408	106	378	892
	Cheongja	643	113	493	1,249
	Geomjeong 4	163	24	294	480
	Mean $\pm$ SD	498 $\pm$ 193.2	90 $\pm$ 42.9	490 $\pm$ 186.9	1,078 $\pm$ 389.3
Total	Minimum	123.6	17.7	133.2	277.0
	Maximum	1153.9	230.9	786.8	2002.0
	Mean $\pm$ SD	484.4 $\pm$ 223.9	84.9 $\pm$ 48.7	448.0 $\pm$ 156.2	1017.3 $\pm$ 390.0

간에 약 7배의 함량차이가 있음을 확인하였고, 석양꽃콩 (2,002 µg/g), 선녹콩(1,985 µg/g), 대황콩(1,625 µg/g) 및 흑청콩(1,504 µg/g)은 다른 품종에 비해 비교적 높은 isoflavone 함량을 나타내었고, 반면 황금콩(277 µg/g), 보광콩 (431 µg/g) 및 장수콩(440 µg/g)은 조사된 품종 중 가장 낮은 isoflavone 함량을 나타내는 품종들로 조사되었다. 본 실험의 결과 중 황금콩은 공시품종 중 가장 낮은 isoflavone 함량을 나타내는 것으로 조사되었는데, 이 결과는 선행연구자들의 결과(So *et al.*, 2001; Ryoo *et al.*, 2004)와 비교해 볼 때 함량 면에서 정량적 수치는 차이가 있으나 공시된 품종 중 가장 낮은 함량을 나타낸다는 결과는 모두 일치하여 국내에서 육성된 콩 품종 중 가장 낮은 isoflavone 함량을 나타내는 품종으로 확인되었다.

전 세계적으로 90년대 후반부터 콩이 나타내는 많은 생리활성 중 일부 생리활성이 isoflavone과 관련이 있다는 결과들이 밝혀지면서 많은 연구자들은 콩에 함유된 isoflavone의 특성에 주목하게 되었으며, 특히 각국의 콩 주요 재배품종에 함유된 isoflavone 함량에 관한 연구가 본격적으로 수행되었다(Ding, 1995; Carrao-Panizzi & Kitamura, 1998; Kikuchi, 1999). 그 결과로서 브라질 콩은 425.4~1,414 µg/g, 일본 콩은 688.0~2,388.9 µg/g, 대만 콩은 평균 597.5 µg/g, 미국 콩은 362.0~2,209.0 µg/g의 범위에 있다고 보고 되었으며(Kim *et al.*, 1999), 본 실험의 결과 우리나라 주요 품종의 함량범위는 277.0~2,002.0 µg/g이므로 미국 및 일본의 주요 콩 품종과 비교할 때 isoflavone 함량은 유사 범위에 있음을 알 수 있다.

또한 한국산 콩 주요 43품종을 용도별로 장류 및 두부용,

나물용, 풋콩 및 울콩, 혼반용으로 분류하여 각 용도별 콩의 total isoflavone 함량을 비교한 결과 장류 및 두부용 콩은 946±358.1 µg/g, 나물용 849±202.7 µg/g, 풋콩 및 울콩 1,438±493.7 µg/g 및 혼반용 1,078±389.3 µg/g을 나타내어 조사된 용도별 콩 분류 중 풋콩 및 울콩 류가 가장 높은 isoflavone 함량을 나타내었고, 다음으로 혼반용, 장류 및 두부용, 나물용 콩의 순이었으며, 국내에서 육성된 콩은 용도에 따라 total isoflavone 함량에 차이가 있음을 알 수 있다.

한편 본 실험에서 풋콩 및 울콩을 제외한 나머지 용도의 콩들은 isoflavone aglycone의 평균 분포비율을 비교해 볼 때 daidzein과 genistein의 비율이 거의 유사한 양상을 나타내었지만, 풋콩 및 울콩은 다른 용도별 품종에 비해 daidzein의 비율이 genistein에 비해 약 12% 수준 높은 양상을 나타내므로 추후 풋콩 및 울콩 품종의 isoflavone별 합성능력 및 조성변화에 대한 체계적 검토와 daidzein의 비율 증가 원인에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

**국내 보존 콩 유전자원의 isoflavone 함량 변이**

국내 보존 콩 유전자원 648계통의 isoflavone aglycone의 평균함량을 조사한 결과 daidzein이 278.7±162.7 µg/g (38.6%), glycitein이 64.0±41.4 µg/g(8.9%), genistein이 379.4±161.3 µg/g(52.5%), total isoflavone 함량이 722.1±324.8 µg/g을 나타내었으며, isoflavone aglycone의 평균 분포비율 면에서 국내 육성 주요품종은 daidzein이 가장 높은 비율을 나타내었지만, 국내 보존 콩 유전자원 계통에서는 국내 육성 주요 품종과는 달리 genistein이 가장 높은 비율로 존재 하였다(Table 2).

**Table 2.** Statistical parameters of isoflavone contents in 648 Korean soybean germplasms.

Seed coat color	Parameter	Content (µg/g)			
		Daidzein	Glycitein	Genistein	Total
Brown (n=57)	Minimum	37.5	0	121.4	177.5
	Maximum	645.5	190.5	561.1	1,259.5
	Mean±SD	242.5±125.3	52.3±39.8	336.0±109.0	630.9±229.3
Green (n=80)	Minimum	44.8	26.1	150.4	253.7
	Maximum	513.9	154.2	642.6	1,121.3
	Mean±SD	225.9±85.3	62.2±29.1	344.1±112.9	632.3±180.3
Yellow (n=272)	Minimum	73.8	18.4	166.5	331.1
	Maximum	2,019.8	294.9	1,337.7	3,479.2
	Mean±SD	373.4±328.0	128.1±54.8	525.0±280.2	1,026.5±610.6
Black (n=239)	Minimum	116.9	15.6	141.5	285.0
	Maximum	667.1	187.0	810.6	1,512.2
	Mean±SD	274.4±115.6	63.0±38.2	328.5±136.9	665.9±246.4
Total (n=648)	Minimum	16.9	0	38.5	82.6
	Maximum	2,019.8	294.9	1,337.7	3,479.2
	Mean±SD	278.7±162.7	64.0±41.4	379.4±161.3	722.1±324.8

한편 공시된 648계통의 유전자원 중 종피색이 황색이며, 100립 중이 12.7 g을 나타내는 IT 180001 계통은 total isoflavone 함량이 3,479  $\mu\text{g/g}$ 로 가장 높은 함량을 나타내었고, IT 203563(2,819  $\mu\text{g/g}$ ), IT 181355(2,252  $\mu\text{g/g}$ ), IT 203569 (2,176  $\mu\text{g/g}$ ) 계통 등이 시료 1g 당 2,000 $\mu\text{g}$  이상의 total isoflavone 함량을 나타내는 고 isoflavone 함유 유전자원 계통으로 모두 황색의 종피색을 나타내었다. 반면 IT 910878 계통(82.61  $\mu\text{g/g}$ )을 포함한 5계통은 total isoflavone 함량이 1 g 당 200  $\mu\text{g}$  미만으로 극히 낮은 isoflavone 함량을 나타내는 특이 자원으로 조사되었다(Table 3).

현재 전 세계적으로 각 나라에서 재배되고 있는 주요 콩 품종들에 대한 isoflavone 함량 분석결과는 일부 보고된 바 있으나, 국가별 보존 유전자원에 대한 분석 결과의 보고는 극히 제한적인데, Ding(1995)은 중국 각지에서 수집된 콩 유전자원의 isoflavone 함량 범위가 456  $\mu\text{g}$ ~7,855  $\mu\text{g/g}$ 으로 다양함을 보고한 바 있어 최고 함량 면에서 본 실험에서 가장 높은 함량을 나타내는 것으로 조사된 보존 유전자원 IT 180001계통에 비해 약 2.3배 높은 양상을 나타내고 있다.

한편 국내 보존 콩 유전자원 648계통을 대상으로 종피색을 기준하여 황색, 갈색, 녹색 및 검정콩으로 구분하고, total isoflavone의 함량적 특성을 검토한 결과 황색콩 (1,026.5 $\pm$ 610.6  $\mu\text{g/g}$ )의 함량이 가장 높은 양상을 나타내었

고, 다음으로 검정콩(665.9 $\pm$ 246.4  $\mu\text{g/g}$ ), 녹색콩(632.3 $\pm$ 180.3  $\mu\text{g/g}$ ) 및 갈색콩(630.9 $\pm$ 229.3  $\mu\text{g/g}$ )의 순으로 함량이 감소되는 양상을 나타내었으며, 황색콩을 제외한 기타 종피색 간에는 total isoflavone 함량 면에서 차이가 없는 것으로 조사되었다(Table 2).

또한 국내 보존 콩 유전자원 648계통의 total isoflavone 함량을 기준으로 함량분포를 검토한 결과 1 g당 500  $\mu\text{g}$ 미만의 isoflavone을 함유한 계통이 143계통으로 전체의 22%를 차지하였고, 1 g당 501~1,000  $\mu\text{g}$  사이의 함량을 나타내는 계통이 410계통으로 전체의 63% 수준을 나타내었으며, 총 공시된 유전자원의 85%가 1 g당 1,000  $\mu\text{g}$ 이하의 isoflavone 함량을 나타내는 것으로 조사되었다(Table 4).

적 요

고 isoflavone 함유 콩 유전자원 선발 및 품종육성의 기초 자료로 활용하기 위해 국내 콩 주요품종 43계통 및 보존 유전자원 648계통의 isoflavone 함량을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 한국산 콩 주요 43품종의 평균 isoflavone 함량은 daidzein이 484.4 $\pm$ 223.9  $\mu\text{g/g}$ , genistein이 448.0 $\pm$ 156.2  $\mu\text{g/g}$ , glycitein이 84.9 $\pm$ 48.7  $\mu\text{g/g}$ , total isoflavone이 1,017.3 $\pm$ 390.0

Table 3. The major soybean germplasm lines with high or low isoflavone contents.

IT No.	Seed coat color	100 seed weight (g)	Content ( $\mu\text{g/g}$ )			
			Daidzein	Glycitein	Genistein	Total
910878	Black	17.7	28.8	15.3	38.5	82.6
103951	Yellow	10.0	16.9	17.0	55.5	89.4
154571	Brown	20.2	37.5	14.7	125.3	177.5
156258	Yellow	28.7	62.6	15.4	102.8	180.8
154613	Brown	21.7	58.7	8.8	123.5	191.0
203569	Yellow	10.6	831.0	156.4	1,188.7	2,176.1
181355	Yellow	13.4	944.1	145.4	1,163.4	2,252.8
203563	Yellow	20.4	1,386.3	267.5	1,165.6	2,819.4
180001	Yellow	12.7	2,019.8	121.7	1,337.7	3,479.2

Table 4. Distribution of total isoflavone contents in 648 Korean soybean germplasms.

Isoflavone content ( $\mu\text{g/g}$ )		<500	501~1,000	1,001~1,500	1,501~2,000	2,001~2,500	2,501~3,000	>3,000	Total
Seed coat color	Yellow	51	157	53	7	2	1	1	272
	Black	59	160	19	1				239
	Brown	15	37	5					57
	Green	18	56	5	1				80
Total		143	410	82	9	2	1	1	648
Ratio (%)		22.1	63.3	12.7	1.4	0.3	0.2	0.2	100

µg/g을 나타내었다.

2. 공시된 주요 품종의 isoflavone 함량은 석양꽃콩이 2,002 µg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 황금콩이 277 µg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 또한 콩 주요 43품종을 용도별로 분류하여 isoflavone 함량을 비교한 결과 꽃콩 및 울콩이 1,438±493.7 µg/g을 나타내어 조사된 용도별 콩 분류 중 가장 높은 양상을 나타내었다.

3. 국내 보존 콩 유전자원 648계통을 대상으로 isoflavone 함량을 조사한 결과 IT 180001계통이 3,479 µg/g의 함량을 나타내어 가장 높은 양상을 나타내었고, IT 910878 계통은 82.61 µg/g의 total isoflavone을 함유하여 가장 낮은 계통으로 조사되어 보존 유전자원간에 큰 함량변이를 나타내었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린 21사업(Code No. 20050301034380)의 연구비 지원에 의한 결과이며, 이에 감사드립니다.

## 인용문헌

- Boue, S. M., T. E. Wiese, S. Nehls, M. E. Burrow, S. Elliott, C. H. Wientjes, B. Y. Shin, J. A. McLachlan, and T. E. Cleveland. 2003. Evaluation of the estrogenic effects of legume extracts containing phytoestrogens. *J. Agric. Food Chem.* 51 : 2193-2199.
- Carrao-Panizzi, M., and K. Kitamura. 1998. Influence of growth locations on isoflavone contents in Brazilian soybean cultivars. *Breeding Science* 48 : 409-413.
- Coward, L., N. C. Barnes, K. D. R. Setchell, and S. Barnes. 1993. Genistein, daidzein, and their β-glucoside conjugates: Antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. *J. Agric. Food Chem.* 41 : 1961-1967.
- Ding, A. 1995. The preliminary analysis of isoflavone content in Chinese soybean cultivars. *Soybean Genetics Newsletter* 22 : 24-31.
- Dixon, R. A., and D. Ferreira. 2002. Genistein. *Phytochemistry* 60 : 205-211.
- Dwyer, J. T., B. R. Goldin, N. Saul, L. Gualtieri, S. Barakat, and H. Adlercreutw. 1994. Tofu and soy drinks contain phytoestrogens. *J. Am. Diet Assoc.* 94 : 743-793.
- Eldridge, A. C., and W. F. Kwoler. 1983. Soybean isoflavones; effect of environment and variety on composition. *J. Agric. Food Chem.* 31 : 394-396.
- Jun, M., H. Y. Fu, J. Hong, X. Wan, C. S. Yang, and C. T. Ho. 2003. Comparison of antioxidant activities of isoflavones from Kudzu root (*Pueraria lobata* Ohwi). *J. Food Sci.* 68 : 2117-2122.
- Kennedy, A. R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* 125 : 733-743.
- Kikuchi, K. 1999. Inheritance and characterization of a null allele for group A acetyl saponins found in a mutant soybean (*Glycine max*(L.) Merrill). *Breeding Science* 49 : 167-171.
- Kim, S. R., H. D. Hong, and S. S. Kim. 1999. Some properties and contents of isoflavone in soybean and soybean foods. *Korean Soybean Digest* 16(2) : 35-46.
- Kosslak, R. M., R. Bookland, J. Barkei, H. E. Paaren, and E. R. Appelbaum. 1987. Induction of *Bradyrhizobium japonicum* common nod genes by isoflavones isolated from *Glycine max*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 84 : 7428-7432.
- Krishnan H. B. 1998. Identification of genistein, an anticarcinogenic compound, in the edible tubers of the American groundnut (*Apios americana* Medikus). *Crop Sci.* 38 : 1052-1056.
- Kwon, T. W. 2000. Soybean in the 21st century. *Korean Soybean Digest* 17(1) : 1-4.
- Moon, B. K., K. S. Jeon, and I. K. Hwang. 1996. Isoflavone contents in some varieties of soybean and on processing conditions. *Korean J. Soc. Food Sci.* 12 : 527-534.
- Morris, P. F., M. E. Savard, and E. W. B. Ward. 1991. Identification and accumulation of isoflavone glucosides in soybean leaves and hypocotyls in resistance responses to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Physiol. Molecular Plant Pathol.* 30 : 229-244.
- Ryoo, S. H., S. R. Kim, K. T. Kim, and S. S. Kim. 2004. Isoflavone, phytic acid and oligosaccharide contents of domestic and imported soybean cultivars in Korea. *Korean J. Food & Nutr.* 17(2) : 229-235.
- So, E. H., J. H. Kuh, K. Y. Park, and Y. H. Lee. 2001. Varietal difference of isoflavone content and antioxidant activity in soybean. *Korean J. Breed.* 33(1) : 35-39.
- Wang, H., and P. A. Murphy. 1994. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa : Effects of variety, crop year, and location. *J. Agric. Food Chem.* 42 : 1905-1913.
- Wei, H. C., L. H. Wei, K. Frenkel, R. Bowen, and S. Barnes. 1993. Inhibition of tumor promoter-induced hydrogen peroxide formation *in vitro* and *in vivo* by genistein. *Nutr. Cancer* 20 : 1-12.