

콩나물 생육기간 중 사포닌 함량의 변화

장서영¹ · 한상준^{2,†}

Changes of Soyasaponin Contents in Soybean Sprouts

Seo-Young Chang¹ and Sangjun Han^{2,†}

ABSTRACT Soyasaponin I, II, III and V contents were investigated in seed, cotyledons and sprouts of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) subjected to germination over five days. High-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometric (HPLC-MS/MS) method was used to evaluate the content of soyasaponins. Soyasaponins contents were different according to the varieties. Germination of soybeans dramatically increased soyasaponin contents in soybean sprouts in a time-dependent manner. Cotyledons had a higher contents of soyasaponins compared to dried seed ($p<0.05$). After five days of germination, Soyasaponin I and II increased 10 times higher after germination. Soyasaponin I and II are major metabolites in cotyledons and hypocotyls. Soyasaponin III and V were also detected in seed and increased depended on the germination stage. Soyasaponin V was at its highest levels in the hypocotyl, almost 7 times higher than the initial content in soybean seeds. Therefore, the germination of soybean sprouts significantly increased soyasaponin content.

Keywords : Soy sprout, Soyasaponin, Soybean

콩(*Glycine max* (L.) Merrill)은 우리나라에서 중요한 주곡 작물로 동북아시아를 원산지로 하며, 용도에 따라 장콩, 기름콩, 나물콩, 밥밀콩, 풋콩 등 예로부터 우리 식생활의 주요한 식품자원으로 개발되었다. 콩은 영양학적으로 훌륭한 식물성 단백질원이며, 식이섬유와 미네랄, 각종 비타민의 주요 공급원 역할을 담당하고 있으며(Ruiz *et al.*, 1996), 최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 기능성 건강 식품원료로 콩에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다.

콩에는 생리활성 물질로 레시틴, phytate, phytosterols, isoflavone 등이 알려져 있으며, 이들은 항암활성 및 치매억제 기능 등이 알려져 있다(Kennedy, 1995; Messina, 1995). 콩의 대표적 천연성분으로 isoflavone은 갱년기 증상의 강도와 심혈관계 질환의 위험도를 낮추며, 폐경 후 여성의 골밀도를 높여주는 것으로 보고 되었다(Peterson & Barnes, 1991; Lee *et al.*, 2003). 이 밖에도 콩에는 사포닌 성분들도 알려져 있는데, 사포닌은 다양한 식물에 널리 분포하는 배당체 형태의 천연화합물로 수용성 용매에서 비누와 같은 거

품을 형성하는 특징을 갖고 있다.

콩 사포닌은 oleanane계열의 triterpenoid로 분류되며 두 과작물에서 주로 발견된다(Daveby *et al.*, 1998; Ruiz *et al.*, 1996). 콩에 함유된 soyasaponin은 aglycone의 구조에 따라 A그룹과 B그룹으로 나뉘는데, aglycone의 구조와 종류는 Fig. 1과 같다. 콩 사포닌은 함량이 4% 미만의 미량이고, isoflavonoid 계열 화합물과 물리적 특성이 유사하여 순수 정제가 쉽지 않아 생리활성에 대한 연구가 상대적으로 미진하였다(Zhang *et al.*, 2009). 그러나 최근 생리활성 성분으로 그 기능이 다시 주목 받기 시작하면서 관련연구가 활발히 이루어지고 있다(Zhang & Popovich, 2008).

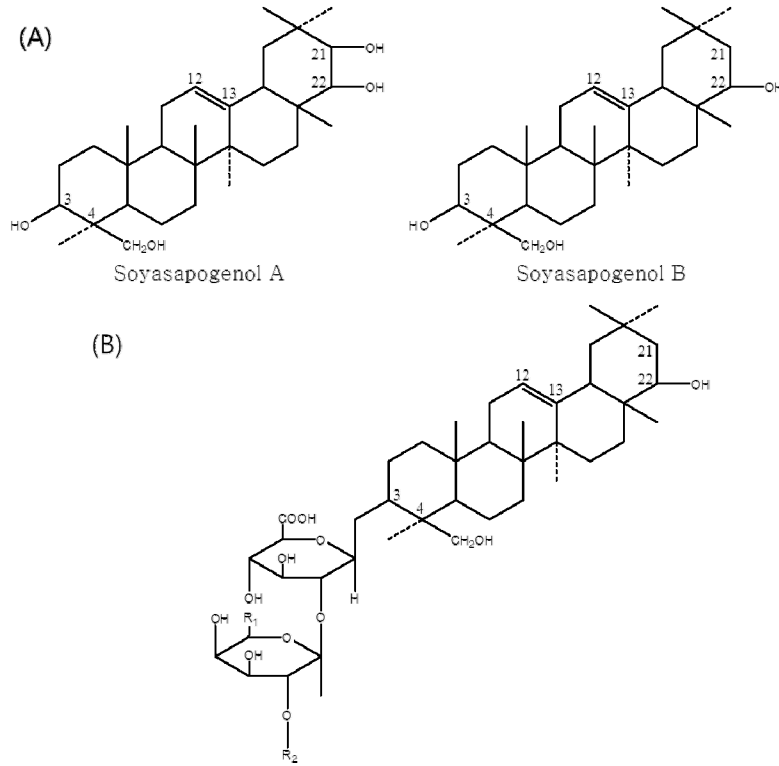
우리나라에서 콩은 식품으로 바로 이용하기도 하며, 장류 등 가공형태로 이용되기도 한다. 또한 콩을 발아시켜 나물로 이용하기도 하는데, 콩이 발아하여 성장하는 동안에 여러 형태의 대사가 이루어져 본래의 성분과는 차이가 나타나는 것으로 알려지고 있다(Kim *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 1998). 그 동안 콩나물에 함유된 soyasaponin

¹경희대학교 식품영양학과 (Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 02447, Korea)

²한국방송통신대학교 농학과 (Dept. of Agricultural Science, Korea National Open University, Seoul 03087, Korea)

[†]Corresponding author: Sangjun Han; (Phone) +82-2-3668-4632; (E-mail) shan@knou.ac.kr

<Received 22 February, 2016; Revised 23 February, 2016; Accepted 24 February, 2016>



	MW	R ₁	R ₂
Soyasaponin I (Bb)	943	CH ₂ OH	α-L-Rha
Soyasaponin II (Bc)	913	H	α-L-Rha
Soyasaponin III (Bb')	797	CH ₂ OH	H
Soyasaponin IV (Bc')	767	H	H
Soyasaponin Ba (V)	959	CH ₂ OH	β-D-Glc

Glc, glucose
Rha, rhamnose

Fig. 1. Chemical structures of soyasaponins. (A) chemical structures of soyasapogenol A and soyasapogenol B. (B) Chemical structures of group B soyasaponins.

함량의 변화에 대한 보고가 있었으나 모두 aglycone을 대상으로 한 것으로 soyasaponin 개별 화합물의 함량변화에 대한 내용은 전무한 실정이다. 본 연구는 가공식품원료로서 콩의 발아 중 soyasaponin의 함량의 변화를 이해함으로써 콩 재배 확대를 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료

Soyasaponin, I (Bb), II (Bc), III (Bb') 및 V (Ba)는 대두 methanol 추출물로부터 순수 분리한 것을 이용하였다(Han, 2011). Methanol, acetonitrile 및 초순수 증류수는 J.T. Baker

(Mallinckrodt Baker, Inc., NJ, USA)에서, formic acid는 Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo. USA)에서 각각 구입하였다.

콩나물 재배

본 연구에 이용된 콩은 일반용으로 다올콩, 대원콩, 대풍콩, 천상콩 등 4품종과, 밥밀용으로 청자3호 등 모두 5개 품종으로 모두 2015년도에 재배 생산된 것을 이용하였다. 콩나물 재배는 공시된 품종 50 g을 1시간 수침 한 후 선별하여 콩나물 재배기(신창 INC: SC-9000A)에 넣고 연속 수주하며 25°C에서 재배하였고, 매일 수확하여 분석재료로 사용하였다.

Soyasaponin 추출

콩 및 콩나물 시료 2 g을 Tissue Lyser (Retsch GmbH & Co. KG Haan, Germany)를 이용하여 분쇄한 후 70% (v/v) ethanol 10 ml를 가해 초음파기(Branson Ultrasonics Co., CT, USA)로 1시간 추출하였다. 추출액은 nylon syringe filter (25 mm/0.2 μ m, Whatman)로 여과한 후 별도의 전처리 과정 없이 분석에 바로 이용하였다.

HPLC/MS-MS 분석

LC/MS-MS 분석은 Agilent 6410 Triple-Quadrupole 검출기와 자동시료주입기가 조합된 Agilent 1200 Series (Agilent Co., USA)를 이용하였다. HPLC 분석을 위한 컬럼은 Zorbax Eclipse XDB-C₁₈ (150 mm \times 4.6 mm, 1.8 μ m, Agilent Co., USA)로 0.3 mL min⁻¹의 유속으로 시료 3 μ L를 주입하였다.

이동상으로 0.1% formic acid (A)와 0.1% acetonitrile (B)을 linear gradient mode (B: 40~60% in 10 min)로 하였다. Electro Spray Ionization (ESI)의 negative mode로 이온검출은 MRM (multiple reaction monitoring) mode를 사용하였다(Fig. 2). Nebulizing gas (N₂)의 온도는 350°C, gas flow 12 mL/min, 그리고 capillary voltage는 4000 V였다. Agilent의 최적이온화 프로그램에 의해 나타난 콩 saponin 이온의 최적조건은 Table 1과 같다.

통계분석

모든 시료는 3회 반복하였으며, 수집된 분석자료는 SAS (Statistical Analysis System, 9.4 ver.)를 통하여 분산분석하였다. 평균간 다중비교를 위해 5% 유의수준(p<0.05)에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

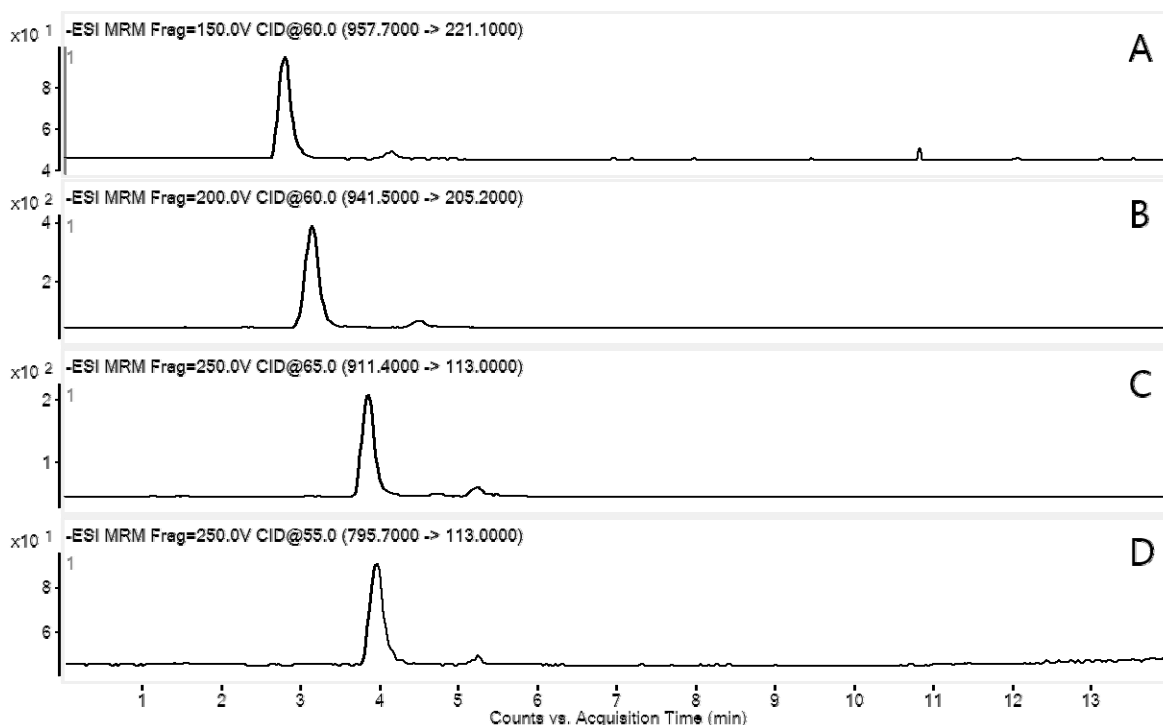


Fig. 2. Representative multiple reaction monitoring (MRM) chromatograms of soybean sprout: (A) soyasaponin V (Ba); (B) soyasaponin I (Bb); (C) soyasaponin III (Bb'); (D) soyasaponin II (Bc).

Table 1. Conditions for soyasaponin analysis by LC-MS/MS in MRM mode.

Soyasaponins	Precursor ion (M+H ⁺)	Product ion	Fragmentor voltage	Collision energy
Soyasaponin I (Bb)	941	205	200	60
Soyasaponin II (Bc)	911	113	250	65
Soyasaponin III (Bb')	795	113	250	55
Soyasaponin V (Ba)	957	221	150	60

결과 및 고찰

Soyasaponin I and II

콩에 함유된 soyasaponin I 및 soyasaponin II의 함량이 발아 과정을 통해 어떻게 변화하는지를 조사하였다. 분석에 이용된 콩은 장류나 두부용으로 사용되는 대두품종과

밥밀용 콩이다. 콩에 들어 있는 개별 soyasaponin은 물리·화학적 특성들이 매우 유사하여 기존의 HPLC 만으로는 baseline separation 뿐만 아니라 UV 검출도 용이하지 않아 개별 사포닌의 함량을 분석하는데 어려움의 원인이 되고 있다. 따라서 콩함유 개별 사포닌 정량을 위해 고감도 HPLC-MS/MS 법을 이용하였다.

Table 2. Contents of soyasaponin I (Bb) and soyasaponin II (Bc) in samples of soybean varieties subjected to different germination times ($\mu\text{g}/\text{seed}$).

Varieties	Days After Treatment	Soyasaponin I			Soyasaponin II		
		Cotyledon	Hypocotyl	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Total
Daolkong	0	86.3 \pm 6.8c		86.3 \pm 6.8d	57.5 \pm 6.8d		57.5 \pm 6.8e
	1	458.5 \pm 67.3b		458.5 \pm 67.3c	282.1 \pm 33.2c		282.1 \pm 33.2d
	2	568.2 \pm 53.7b		568.2 \pm 53.7bc	410.6 \pm 5.1a		410.6 \pm 5.1a
	3	555.5 \pm 36.5b	60.4 \pm 30.0b	615.9 \pm 35.0b	371.0 \pm 6.6b	0.1 \pm 0.1c	371.2 \pm 6.7b
	4	508.0 \pm 94.9b	133.9 \pm 17.8a	641.9 \pm 112.3b	350.9 \pm 14.6b	0.5 \pm 0.1b	351.4 \pm 14.6b
	5	723.2 \pm 44.4a	149.1 \pm 9.3a	872.3 \pm 47.6a	311.1 \pm 12.6c	0.9 \pm 0.1a	312.0 \pm 12.6c
Daewonkong	0	74.0 \pm 6.1d		74.0 \pm 6.1c	35.2 \pm 3.7c		35.2 \pm 3.7c
	1	503.9 \pm 66.0bc		503.9 \pm 66.0b	318.8 \pm 65.8b		318.8 \pm 65.8b
	2	546.7 \pm 8.3b		546.7 \pm 8.3b	290.7 \pm 10.6b		290.7 \pm 10.6b
	3	454.4 \pm 8.7c	123.2 \pm 27.5b	577.6 \pm 28.2b	313.1 \pm 36.4b	4.1 \pm 2.8a	317.2 \pm 35.3b
	4	712.1 \pm 56.5a	224.9 \pm 74.1a	937.0 \pm 129.5a	393.6 \pm 6.3a	4.9 \pm 4.3a	398.5 \pm 10.6a
	5	641.5 \pm 77.8a	269.7 \pm 45.5a	911.2 \pm 123.2a	411.2 \pm 36.4a	5.0 \pm 6.9a	416.2 \pm 31.0a
Daepungkong	0	68.7 \pm 3.5d		68.7 \pm 3.5d	24.1 \pm 1.6d		24.1 \pm 1.6d
	1	434.1 \pm 48.2c		434.1 \pm 48.2c	200.8 \pm 13.4c		200.8 \pm 13.4c
	2	470.3 \pm 57.8c		470.3 \pm 57.8c	197.8 \pm 10.8c		197.8 \pm 10.8c
	3	581.9 \pm 27.2b	85.7 \pm 6.1b	667.6 \pm 33.0b	283.5 \pm 36.0b	3.0 \pm 0.6c	286.5 \pm 36.4b
	4	699.1 \pm 79.7a	382.0 \pm 11.0a	1081.1 \pm 86.1a	303.3 \pm 9.8b	2.1 \pm 0.3b	305.4 \pm 9.9b
	5	683.9 \pm 53.8a	361.4 \pm 33.8a	1045.2 \pm 82.3a	345.4 \pm 19.2a	5.4 \pm 1.0a	350.8 \pm 18.4a
Cheonsangkong	0	192.7 \pm 22.6d		192.7 \pm 22.6c	78.2 \pm 5.4c		78.2 \pm 5.4c
	1	680.3 \pm 97.0bc		680.3 \pm 97.0b	319.3 \pm 7.0b		319.3 \pm 7.0b
	2	786.0 \pm 46.3a		786.0 \pm 46.3b	371.0 \pm 47.0ab		371.0 \pm 47.0ab
	3	649.7 \pm 14.7c	114.4 \pm 38.0b	764.1 \pm 34.8b	357.3 \pm 47.2ab	0.4 \pm 0.1c	357.7 \pm 47.2ab
	4	758.1 \pm 64.3ab	281.1 \pm 30.5a	1039.2 \pm 64.2a	401.3 \pm 20.1a	1.0 \pm 0.2b	402.3 \pm 20.1a
	5	721.9 \pm 19.0abc	297.8 \pm 55.6a	1019.6 \pm 74.1a	400.0 \pm 10.7a	5.4 \pm 0.3a	405.3 \pm 11.0a
Cheonja #3	0	177.0 \pm 2.2c		177.0 \pm 2.2c	141.6 \pm 12.1c		141.6 \pm 12.1c
	1	629.6 \pm 9.9b		629.6 \pm 9.9b	239.0 \pm 8.7c		239.0 \pm 8.7c
	2	706.1 \pm 40.5b		706.1 \pm 40.5b	375.2 \pm 6.0b		375.2 \pm 6.0b
	3	664.9 \pm 36.1b	117.4 \pm 22.1b	782.3 \pm 42.2b	386.2 \pm 54.6b	1.7 \pm 0.3b	387.9 \pm 54.5b
	4	901.4 \pm 73.1a	299.6 \pm 81.0a	1201.0 \pm 94.9a	553.2 \pm 64.4a	1.3 \pm 1.2b	554.6 \pm 64.8a
	5	902.7 \pm 170.8a	362.1 \pm 28.0a	1264.8 \pm 172.8a	413.2 \pm 108.3b	10.4 \pm 9.3a	423.6 \pm 109.6b

The data represent the mean \pm SD of at least three replicates. Different letters by row indicate significant differences, $p < 0.05$.

수확 후 저장 상태의 공시품종이 함유하고 있는 soyasaponin I의 함량은 종자당 68~200 µg 수준으로 품종에 따라 차이가 있었다(Table 2~3). Soyasaponin I의 양은 발아를 위한 침종 하루 만에 5~7배 수준으로 급격히 증가하였고, 이 후 발아가 진행되면서 완만한 증가를 보였다. 침종 3일부터 조사된 배축의 함량에서도 유사한 경향을 확인할 수 있었는데,

품종에 따라 차이는 있었지만 처음 3일차(60~120 µg/seed)보다 4일차(130~380 µg/seed)에서 약 2~3배 수준으로 함량이 증가해 있었다.

콩에 함유된 soyasaponin II는 품종에 따라 차이가 있었는데, 함량은 soyasaponin I의 절반 수준(24~140 µg/seed)으로 나타났다. 발아 후 soyasaponin II의 함량 변화는 soyasaponin

Table 3. Contents of soyasaponin III (Bb') and soyasaponin V (Ba) in samples of soybean varieties subjected to different germination times (µg/seed).

Varieties	Days After Treatment	Soyasaponin III			Soyasaponin V		
		Cotyledon	Hypocotyl	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Total
Daolkong	0	1.8 ± 0.3d		1.8 ± 0.3d	7.8 ± 0.8d		7.8 ± 0.8d
	1	12.3 ± 1.3c		12.3 ± 1.3c	36.2 ± 1.9a		36.2 ± 1.9cd
	2	14.2 ± 1.0c		14.2 ± 1.0c	36.5 ± 1.0a		36.5 ± 1.0cd
	3	13.3 ± 1.2c	0.6 ± 0.2b	13.9 ± 1.0c	21.0 ± 1.6c	40.8 ± 17.2b	61.8 ± 17.3bc
	4	18.0 ± 1.3b	1.0 ± 0.4b	19.1 ± 0.9b	25.0 ± 1.1b	61.7 ± 27.2ab	86.7 ± 27.3ab
	5	23.8 ± 1.3a	1.6 ± 0.6a	25.4 ± 1.3a	19.3 ± 1.8c	88.8 ± 37.0a	108.1 ± 36.6a
Daewonkong	0	2.5 ± 0.5d		2.5 ± 0.5d	6.8 ± 0.7c		6.8 ± 0.7c
	1	17.2 ± 6.7c		17.2 ± 6.7c	31.2 ± 2.8ab		31.2 ± 2.8bc
	2	15.7 ± 0.8c		15.7 ± 0.8c	37.9 ± 2.0a		37.9 ± 2.0bc
	3	15.2 ± 1.7c	2.7 ± 1.6ab	18.0 ± 0.6c	23.1 ± 1.8abc	37.7 ± 11.9b	60.8 ± 10.8b
	4	30.9 ± 2.7b	2.3 ± 0.6b	33.2 ± 3.1b	14.3 ± 7.9bc	98.7 ± 28.5a	113.0 ± 36.3a
	5	36.6 ± 1.9a	3.7 ± 0.7a	40.2 ± 2.0a	31.9 ± 24.6ab	115.7 ± 28.0a	147.5 ± 39.2a
Daepungkong	0	3.5 ± 0.4d		3.5 ± 0.4d	7.6 ± 0.1c		7.6 ± 0.1d
	1	22.9 ± 2.5c		22.9 ± 2.5c	28.8 ± 0.5a		28.8 ± 0.5c
	2	23.1 ± 3.0c		23.1 ± 3.0c	35.2 ± 1.2a		35.2 ± 1.2c
	3	24.3 ± 1.2c	1.3 ± 0.2c	25.6 ± 1.0c	19.1 ± 3.9b	41.1 ± 11.5b	60.2 ± 9.1b
	4	38.4 ± 3.8b	4.4 ± 0.1b	42.8 ± 3.7b	12.2 ± 3.3c	139.4 ± 18.9a	151.6 ± 21.5a
	5	46.0 ± 2.7a	5.2 ± 0.5a	51.2 ± 2.2a	21.5 ± 8.9b	144.4 ± 17.1a	165.9 ± 14.6a
Cheonsangkong	0	8.8 ± 0.3b		8.8 ± 0.3d	21.8 ± 0.2b		21.8 ± 0.2d
	1	41.2 ± 1.3a		41.2 ± 1.3c	62.2 ± 3.1a		62.2 ± 3.1c
	2	44.1 ± 4.9a		44.1 ± 4.9bc	64.6 ± 3.5a		64.6 ± 3.5c
	3	42.2 ± 2.5a	1.3 ± 0.2b	43.5 ± 2.4bc	25.2 ± 24.6b	66.2 ± 20.3b	91.4 ± 31.2b
	4	44.4 ± 5.2a	3.5 ± 0.8a	47.8 ± 5.9ab	11.3 ± 4.0b	145.7 ± 16.1a	157.0 ± 12.5a
	5	46.1 ± 1.4a	4.6 ± 2.1a	50.7 ± 2.0a	9.9 ± 1.8b	155.6 ± 12.9a	165.5 ± 12.7a
Cheonja #3	0	32.5 ± 0.9c		32.5 ± 0.9f	45.1 ± 0.7ab		45.1 ± 0.7c
	1	20.1 ± 1.1d		20.1 ± 1.1e	57.2 ± 4.9a		57.2 ± 4.9c
	2	24.5 ± 2.4d		24.5 ± 2.4d	56.7 ± 3.2a		56.7 ± 3.2c
	3	39.4 ± 1.5b	1.5 ± 0.5cb	40.9 ± 1.8c	45.5 ± 8.6ab	45.3 ± 24.8b	90.8 ± 27.7b
	4	57.9 ± 3.3a	6.2 ± 6.2ab	64.1 ± 4.5b	31.3 ± 3.4c	125.0 ± 19.1a	156.3 ± 17.2a
	5	60.7 ± 4.5a	8.3 ± 4.1a	69.0 ± 0.8a	34.2 ± 14.6bc	143.0 ± 14.7a	177.1 ± 0.1a

The data represent the mean±SD of at least three replicates. Different letters by row indicate significant differences, $p < 0.05$.

I의 함량변화와 매우 유사하여, 침종 하루 만에 200~318 µg/seed 수준으로 급격히 증가하였다. 발아가 진행되면서 성장한 배측에서도 soyasaponin II를 검출할 수 있었는데 품종에 따라 차이는 있었지만 soyasaponin I에 비해 그 양은 극히 낮은 수준(0.9~10 µg/seed)이었다.

Soyasaponin III and V

콩에 함유된 soyasaponin III과 soyasaponin V의 함량은 soyasaponin I이나 soyasaponin II에 비해 적었다. Soyasaponin III의 경우 종자 당 함유량은 2~30 µg 수준이었고, soyasaponin V는 7~45 µg 수준이었다. Soyasaponin III 역시 침종 후 함량이 급격히 증가하여 종자 당 12~40 µg 수준까지 늘어났으며, 새로 자라난 배측에서도 1~8 µg 수준의 함량을 검출할 수 있었다(Table 3).

Soyasaponin V의 경우는 종자 상태에서는 함량이 낮았으나, 침종 후 발아가 시작되면서 자라난 배측에서 급격한 함량의 증가를 확인할 수 있었다. 조사된 다른 soyasaponin의 경우 발아 후 신장한 배측에서 검출된 함량이 비슷하게 증가하는 현상을 보였으나, 떡잎보다는 상대적으로 낮은 비율이었다. 그러나 soyasaponin V의 경우는 발아 5일 차에서 조사된 결과 떡잎보다 최고 10배 이상 높은 비율을 나타내었다. 따라서 soyasaponin V는 발아와 더불어 생합성이 왕성하게 이루어지고 또 대부분이 배측부분으로 이동하는 것으로 보여진다.

콩의 성분은 발아하여 성장하는 과정 중에 상당한 변화를 보이는 것으로 보고되고 있다(Youn *et al.*, 2011). Soyasaponin의 경우도 발아과정 중 함량의 변화가 상당하였는데, Guajardo-Flores *et al.* (2012)의 발아 중 배측에서 soyasaponin B의 함량이 떡잎보다 높은 수준으로 증가했다는 보고와도 일치한다. 이처럼 콩의 발아 중 saponins 함량이 증가하는 것은 발아 중 이차 대사산물을 합성하고 종자의 구조를 변형시켜 구조를 약화시키는 효소와 관련이 있으며, 이를 통해 용매추출이 용이해지는데 그 원인이 있는 것으로 알려져 있다(Kurosawa *et al.*, 2002; Yoshiki *et al.*, 1998). 우리나라에서 이루어지는 콩의 소비 형태는 주로 식품으로 가공된 후이기 때문에 기능성 성분으로서의 soyasaponin의 이용효율을 높이기 위해서는 적절한 가공방법에 대한 고찰이 있어야 할 것이다.

적 요

콩 재배 및 이용확대를 위한 기초자료를 얻기 위해 발아과정 중 기능성 성분인 soyasaponin의 함량 변화를 조사하

였다.

1. Soyasaponin I과 soyasaponin II의 함량은 품종에 따라 차이가 있었으나 발아과정 중 떡잎부위에서 함량이 10배 이상 증가하였고, soyasaponin I은 배측에서도 종자 당 이 140~360 µg 수준의 함량을 나타내었다.
2. Soyasaponin III 및 soyasaponin V의 함량은 발아를 통해 증가하는 경향이었고, soyasaponin V의 경우 배측에서 그 함량이 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

사 사

본 논문은 2012년도 한국방송통신대학교 학술연구비 지원을 받아 작성된 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Daveby, Y. D., P. Aman, J. M. Betz, and S. M. Musser. 1998. Effect of storage and extraction on ration of soyasaponin I to 2,3-Dihydro-2,5-dihydroxy-6-methyl-4-pyrone-conjugated soyasaponin I in Dehulled Peas (*Pisum sativum* L.). *J. Sci. Food Agric.* 141-146.
- Guajardo-Flores, D., M. Garcia-patino, D. Serna-Guerrero, J. A. Gutierrez-uribe, and S. O. Serna-Saldivar. 2012. Characterization and quantification of saponins and flavonoids in sprouts, seed coats and cotyledons of germinated black beans. *Food Chemistry.* 134 : 1312-1319.
- Han, S. J. 2011. HPLC/MS/MS method for determination of soyasaponin in the soybean varieties. *Korean J. Crop Sci.* 56 : 244-249.
- Kennedy, A. R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* 125 : 733-743.
- Kim, E. J., K. I. Lee, and K. Y. Park. 2002. Effects of germanium treatment during cultivation of soybean sprouts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31 : 615-620.
- Kim, M. R., H. Y. Kim, K. J. Lee, Y. S. Hwang, and J. H. Ku. 1998. Quality characteristics of fresh and cooked soybean sprouts by cultivars. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14 : 266-272.
- Kim, Y. H., K. A. Lee, and H. S. Kim. 2009. Volatile flavor components in soy sprouts. *Korean J. Crop Sci.* 54 : 314-319.
- Kurosawa, Y., H. Takahara, and M. Shiraiwa. 2002. UDP-glucuronic acid: Soyasapogenol glucuronosyltransferase involved in saponin biosynthesis in germinating soybean seeds. *Planta.* 215 : 620-629.
- Lee, J. H., E. M. Kim, J. S. Chae, Y. S. Jang, J. H. Lee, and G. Lee. 2003. The effect of isoflavone supplement on plasma lipid & antioxidant status in hypercholesterolemic postmenopausal women. *Korean J. Nutr.* 36 : 603-612.

- Messina, M. 1995. Modern applications for an ancient bean: Soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. *J. Nutr.* 125 : 567-569.
- Peterson, G. and S. Barnes. 1991. Genistein inhibitions of the growth of human breast cancer cells: independence from estrogen receptors and the multi-drug resistance gene. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 179 : 661-667.
- Ruiz, R. G., K. R. Price, A. E. Arthur, M. E. Rose, M. J. C. Rhodes, and R. G. Fenwick. 1996. Effect of soaking and cooking on the saponin content and composition of chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*). *J. Agric. Food Chem.* 44 : 1526-1530.
- Yoshiki, Y., S. Kudou, and K. Okubo. 1998. Relationship between chemical structures and biological activities of triterpenoid saponins from soybean. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry.* 62 : 2291-2299.
- Youn, J. E., H. S. Kim, K. A. Lee, and Y. H. Kim. 2011. Contents of minerals and vitamins in soybean sprouts. *Korean J. Crop Sci.* 56 : 226-232.
- Zhang, W. and D. G. Popovich. 2008. Effect of soyasapogenol A and soyasapogenol B concentrated extracts on Hep-G2 cell proliferation and apoptosis. *J. Agric. Food Chem.* 56 : 2603-2608.
- Zhang, W., S. P. Teng, and D. G. Popovich. 2009. Generation of group B woyasaponins I and III by hydrolysis. *J. Agric. Food Chem.* 57 : 3620-3625.