

콩나물 생장 중 사포닌의 변화

오봉윤 · 박복희 · 함경식*
 목포대학교 식품산업기술연구센터

Changes of Saponin during the Cultivation of Soybean Sprout

Bong-Yun Oh, Bock-Hee Park and Kyung-Sik Ham*
 Food Industrial Technology Research Center, Mokpo National University

We investigated the changes in saponins during the cultivation of soybean sprout. Crude saponin content was 4.15 mg/g in germinated soybean and reached its peak (5.33 mg/g) in soybean sprout cultivated for six days. Saponin content in the cotyledon, stem, and root of the soybean sprout cultivated for six days were 4.17, 7.46, and 7.45 mg/g, respectively. Soyasaponins extracted from the soybean sprout were analyzed with LC-electrospray ionization (ESI)-mass spectrometry, in which a reverse phase C₁₈ column was used for separation of saponins. In the soybean sprout, group B saponin I, II, III, IV, and V increased 7, 2, 1.4, 8.7, and 3.3 fold, respectively, compared to those in the soybean seed. Group B saponin I, II, III, IV, and V in the stem of the soybean sprout were 10.53, 1.45, 10.49, 5.72 and 8.14 fold the level of those in the cotyledon, respectively. In the root, the contents of group B saponin I, III, IV, and V were 5.54, 2.77, 4.86 and 9.37 fold, respectively, higher than those in cotyledon, but the content of group B saponin II was 2.96 fold less than that in cotyledon. These results indicate that the biosyntheses of group B saponins are differentially regulated in growing soybean sprout.

Key words: soybean sprout, saponin, soyasaponin group B, LC/MS

서 론

건강한 삶을 위해 식생활의 관심이 높아지면서, 식품으로 섭취하는 생리활성 물질들이 만성 퇴행성 질환의 발병률을 낮출 수 있다는 많은 연구^(1,2)에 의해 이러한 물질들의 성분 및 함량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 콩은 단백질, 탄수화물, 및 불포화지방산이 풍부할 뿐 아니라 올리고당, isoflavone, phytic acid, trypsin inhibitor, 사포닌, 식물성 steroid 및 phenol 화합물 등의 생리 활성을 갖는 물질들을 함유하고 있어서 많은 연구가 되고 있다^(3,4).

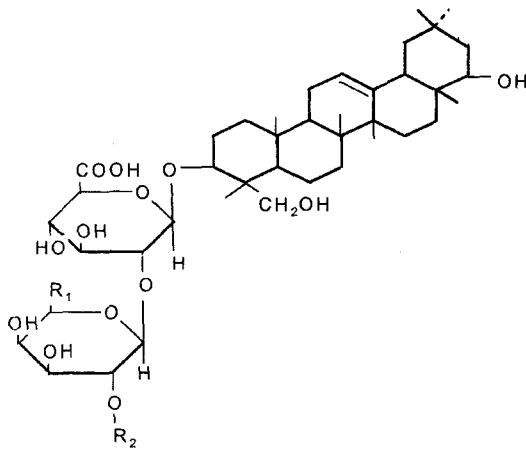
이들 성분 중 사포닌은 배당체로서 지용성 steroid 또는 triterpenoid ring에 1개 이상의 당분자가 결합한 구조를 갖고 있으며, 어글리콘과 여기에 붙은 당의 종류와 수에 따라서 group A 사포닌 8종(Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah)⁽⁵⁾ group B 사포닌 5종(I, II, III, IV, V)⁽⁶⁾(Fig. 1), group E 사포닌 2종(Bd, Bc)⁽⁵⁾ 그리고 DDMP(2,3-dihydro-2,5-dihydroxy-

6-methyl-4H-pyran-4-one) 사포닌 5종(α g, β g, β a, γ g, γ α)⁽⁵⁾로 분류할 수 있다. 사포닌은 식물류에 널리 분포하는데, 콩에는 품종과 재배환경에 따라 다소 차이가 있으나, 종실에 0.2~0.6% 정도 함유되어 있으며⁽⁷⁾, 외부의 공격 즉 병원균 등으로부터 자신을 보호하기 위해 만들어 내는 이차대사 산물로서⁽⁸⁾ 분자 구조상에서 알 수 있듯이 극성부분과 비극성부분을 가지고 있다⁽⁵⁾. 또, 우리가 섭취했을 때, 인체 내에서 group A 사포닌은 주로 쓴맛과 강한 수렴성을 갖는 것으로 알려져 있으며, group B, E 및 DDMP 사포닌은 항산화작용, 혈중지질농도 저하, 혈중 콜레스테롤농도 저하, 간 질환 방지, AIDS 예방효과, 항암작용 등이 알려져 있어서⁽⁵⁾ 식품과 영양학적인 측면에서 중요하다.

Cheung⁽⁹⁾은 품종별로 콩나물 재배기간에 따라 group A의 Aa와 Ab, group B의 I과 V 그리고 DDMP 사포닌의 하나인 β g의 함량변화를 분석하여 보고하였다. 그러나 콩나물에서 부위에 따른 사포닌의 분포 등에 대한 세부적인 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 콩가공 식품 중 우리나라 사람들이 반찬으로 많이 먹는 콩나물에서 생리활성을 갖고 있는 사포닌 group B를 중심으로 조사하였다. 나물콩 중 은하콩을 자동 재배기를 이용하여, 재배하면서 생장 기간 및 부위별로 자엽, 줄기, 뿌리를 분리하여 사포닌의 함량 변화를 관찰하였다.

*Corresponding author : Kyung-Sik Ham, Mokpo National University, Muan, Chonnam 534-729, Korea
 Tel: 82-61-450-2425
 Fax: 82-61-454-1521
 E-mail: ksham@mokpo.ac.kr



Group B	M.W	R ₁	R ₂	Peak number
I	942	CH ₂ OH	α-L-Rha	2
II	912	H	α-L-Rha	3
III	796	CH ₂ OH	H	4
IV	766	H	H	5
V	958	CH ₂ OH	β-D-Glc	1

Fig. 1. Structures of group B saponins.

The group B saponin structures are adapted from Yoshiki *et al.*⁽⁵⁾ The group B numbers indicate nomenclatures given by Kitagawa *et al.*⁽⁶⁾. The Peak numbers indicate the numbers given in HPLC chromatogram of saponin (see Fig. 6). Glc: Glucose, Rha: Rhamnose.

재료 및 방법

콩 시료

본 실험에 사용한 나물콩은 2001년도 산 은하콩(*Glycine max* (L.) Merrill)으로 전라남도 농업 기술원에서 구입하여, 4°C에서 냉장 저장하면서 시료로 사용하였다.

시약

사포닌 표준품(Wako Ltd., Japan)은 구입하여 사용하였고, TLC plate는 silica gel 60F254 precoated aluminum sheet(두께 0.2 mm, 20×20 cm; Merck Co., Germany)를 사용하였다. 시료 추출을 위한 유기용매와 TLC 전개 시약은 1급(Junsei Chemical Co. Ltd., Japan)을 사용하였으며, HPLC 분석에 사용된 시약은 HPLC 전용(Fisher Co. USA)을 사용하였다.

콩나물 재배 방법

은하콩으로 콩나물을 제조하기 위해 선별한 콩을 3회 세척하고, 차아염소산 나트륨 용액으로 5분간 표면 살균한 후 흐르는 물에 6회 이상 세척하였다. 플라스틱 재배용기(15×15×12 cm)에 옮겨 자동재배기(남해기전, 목포)에서 재배하였다. 재배기 내부 온도는 22±1°C이고, 4시간마다 3분 동안 물을 분무하였다.

조 사포닌 추출

콩나물의 생장기간별로 시료를 취하였다. 6일 동안 재배한 콩나물은 자엽(cotyledon), 줄기(stem), 뿌리(root)의 세부분

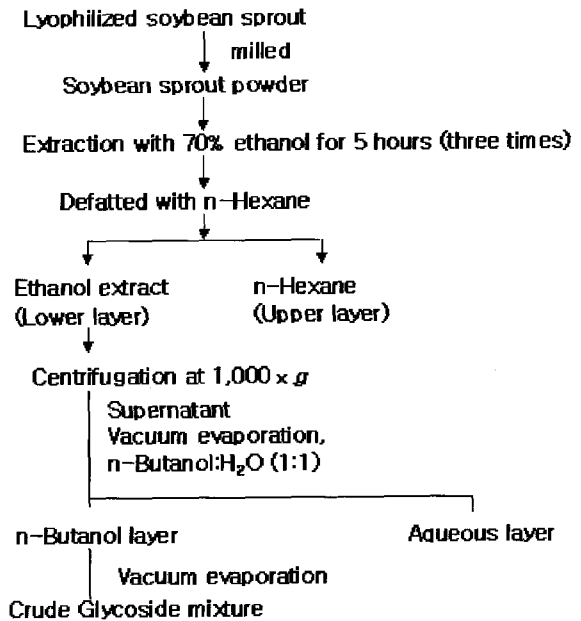


Fig. 2. Procedures for extraction of saponins from soybean sprouts.

로 나누어 부위별로 조 사포닌을 추출하였다. 이 때 줄기와 뿌리의 구분은 배축을 따라 밑으로 내려가면 갑자기 가늘어지는 부분이 있는데, 그 부분에서 윗부분은 줄기, 밑부분은 뿌리로 하여 시료를 취하였다(Fig. 4A 참조). 모든 시료는 40 시간 동결건조(Beta 1-8K, Braun, USA)하여 분쇄기로 분말화하고, 50 mesh를 통과한 시료를 취했다. 추출방법은 Fuzzati 등⁽¹⁰⁾의 방법을 변형하여 조 사포닌을 얻었고(Fig. 2), 이를 methanol에 용해시켜 시료로 사용하였다.

Lieberman-Burchard colorimetric assay를 이용한 조 사포닌 정량

Methanol에 용해한 시료 일정량을 취하고, 빙초산을 가한 후 H₂SO₄를 천천히 가하면서 흔들어 색깔변화를 관찰하여 안정할 때 UV spectrophotometer(HP-8452, USA)를 이용하여 최대흡수파장 412 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 사포닌 표준품으로 표준곡선을 구하고 정량하였다⁽¹¹⁾.

TLC 전개

TLC 전개용매는 chloroform : methanol : water(65 : 35 : 10) 혼합액에서 아래층 용액을 사용하였다. TLC chamber에서 전개하여, 건조시킨 후 10% H₂SO₄를 분무하고, 110°C 오븐에서 5분간 발색시켰다⁽¹²⁾.

LC-MS 분석조건

콩에 함유된 사포닌 조성의 확인은 Hewlett-Packard 1100 series liquid chromatograph/mass spectrometer로 분석하였다(Table 1)^(13,14).

결과 및 고찰

콩나물 생장 중 조 사포닌 함량

Wako사의 콩으로부터 분리한 조 사포닌을 표준물로 하여,

Table 1. Instrumental conditions for saponin analysis by LC/MS

Item	Conditions
Instrument	Hewlett-Packard 1100 Series LC/MS
Column	Fluofix C ₁₈ (5 μm, 4.6×250 mm)
Eluent	MeOH : H ₂ O (0.01% HCOOH) gradient
Flow rate	1 mL/min
Injection volume	1 μL
Ionization mode	Electrospray ionization, negative
Fragmentor voltage	80 V
Vaporizer temperature	100°C
Drying gas flow	10 L/min

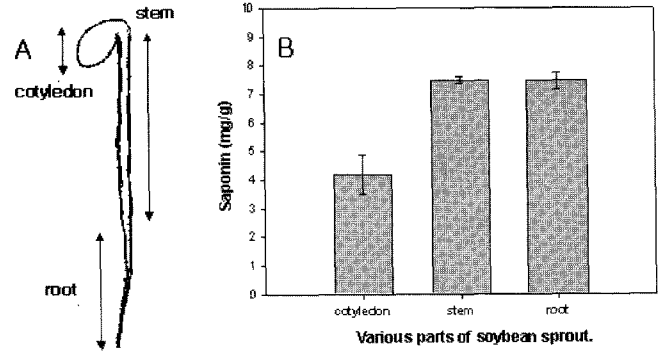


Fig. 4. A : Various parts of soybean sprout.
B: Crude saponin contents in various parts of soybean sprout. The saponin contents were determined by Liberman-Burchard colorimetric reaction⁽¹¹⁾.

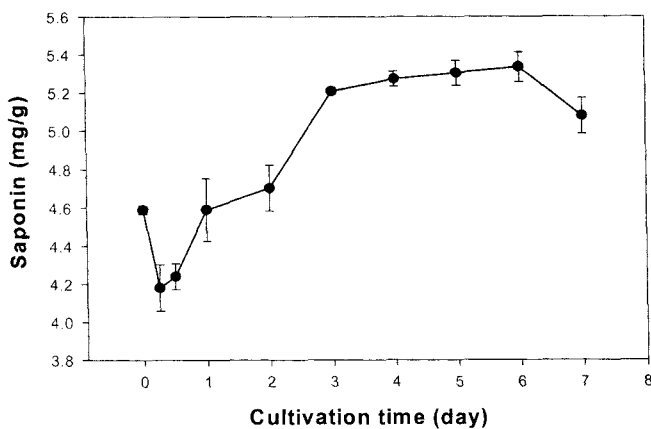


Fig. 3. Changes of crude saponin content of soybean sprout during cultivation.
 The saponin contents were determined by Liberman-Burchard colorimetric reaction⁽¹¹⁾.

Liberman-Burchard 정색반응으로 확인한 조 사포닌의 검량곡선식은 $Y = 911.22X - 0.033$ 이고, 상관계수(R^2)는 0.998이었다. 이 검량곡선을 이용하여 콩나물 재배 중 조 사포닌 함량변화를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 침지 전 콩의 조 사포닌은 4.59 mg/g이었으며, 재배를 위해 수세하고서 6시간 동안 침지 한 후에는 4.18 mg/g로 함량이 감소하였다. 이는 수세와 침지하는 동안에 외부로 유출되는 것으로 생각되며, 이후 콩나물이 발아·성장하면서 점차 함량 증가를 보여서 재배 5~6일째, 5.30~5.33 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. 이 시기에 콩나물을 수확하기에 적당한 길이와 두께를 갖는다. 6일째 이후에는 사포닌 함량이 감소하였는데, 이러한 함량의 증감경향은 Cheung⁽⁹⁾의 콩나물 성장 중 사포닌 변화의 결과와 비슷하였다.

콩나물의 부위별 조 사포닌 함량과 TLC 양상

은하콩을 6일 동안 재배하여 자엽, 줄기 및 뿌리로 부위를 나누어 조 사포닌 함량을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 자엽의 사포닌은 4.17 mg/g에 비해 줄기 7.46 mg/g과 뿌리 7.45 mg/g으로 줄기와 뿌리에 있는 사포닌 함량은 자엽에 비해 거의 2 배정도 높은 함량을 보였으며, 줄기와 뿌리에 거의 비

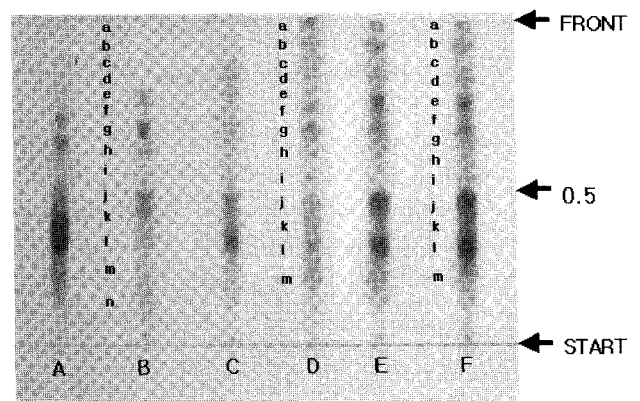


Fig. 5. TLC profiles of saponins extracted from various parts of soybean sprout.
 A: Standard saponin purchased from Wako Ltd. (Japan). The other lanes were loaded with crude saponins extracted from the same amount of dried tissues such as: B: Eunha soybean seed. C: Soybean sprout grown for three days. D: Cotyledon of soybean sprout grown for six days. E: Stem of soybean sprout grown for six days. F: Root of soybean sprout grown for six days.

슷한 함량이 존재하였다.

조 사포닌의 TLC 결과는 Fig. 5와 같다. 전개용매로 분리한 밴드는 14종(a~n)이었다. A는 Wako사에서 구입한 표준품의 조 사포닌이며, B는 은하콩에서 추출한 것이고, C는 3일 동안 재배한 콩나물에서 추출한 사포닌으로서 표준품(콩 종자로부터 분리) A와 콩 종자의 사포닌 B에서 나타난 n 밴드는 보이지 않았고, a, c, d 밴드가 새로 보이는 것이 관찰되었다. D는 6일 동안 재배한 콩나물 자엽 부위에서 추출한 것으로 콩에서 검출되지 않은 a, b, c, d 밴드가 분리되었으며 l과 m 밴드가 콩 종자의 사포닌에 비교해 많이 증가된 것이 관찰되었다. E는 줄기에서 추출된 사포닌으로 Rf 0.5이하 부분에서 뚜렷한 j와 l 밴드를 나타냈다. F는 뿌리에서 추출된 사포닌으로서 줄기 부위의 사포닌과 비슷한 양상을 보이며, 종류에 있어서 자엽 부위와는 큰 차이를 보이지 않으나, 일부 사포닌 특히, Rf 0.5이하에서 관찰되는 j와 l 밴드에서 차이를 보인다. 콩나물은 성장하면서 Rf 0.5이하의 사포닌은 j와 l의 함량이 증가하고, Rf 0.5 위쪽에서 분리되는

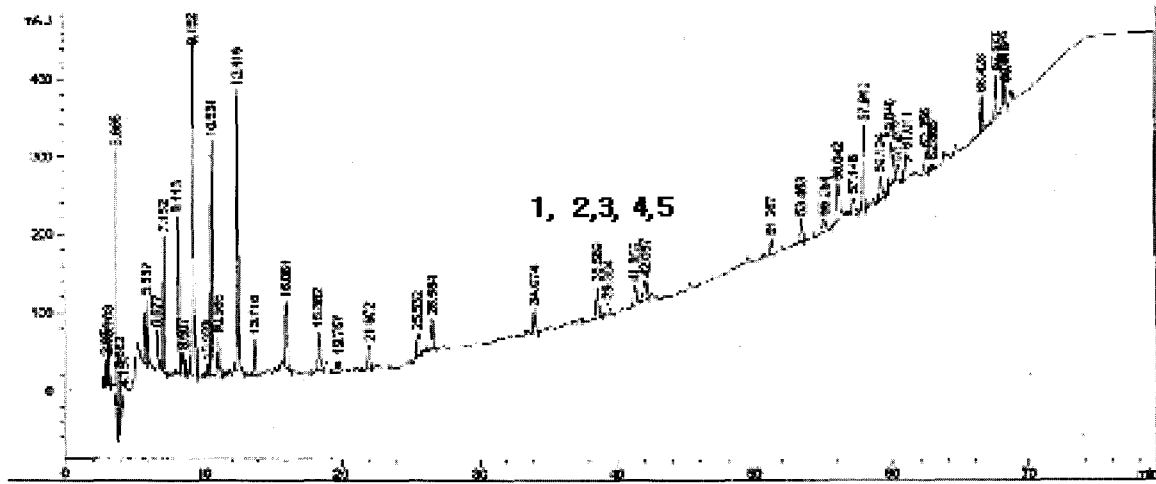


Fig. 6. Typical HPLC profile of crude saponin prepared from soybean sprout. Each saponin was identified by LC/MS analysis. 1: soyasaponin V, 2: soyasaponin I, 3: soyasaponin II, 4: soyasaponin III, 5: soyasaponin IV.

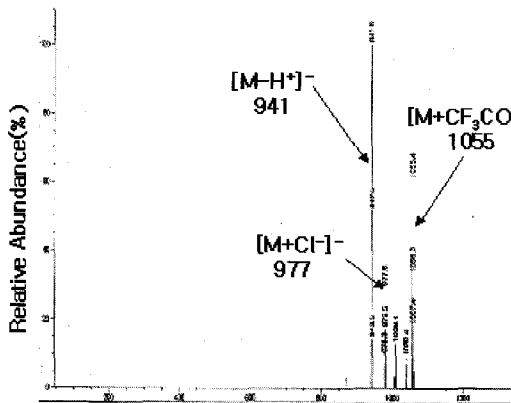


Fig. 7. Negative ion mode ESI mass spectrum of peak 2 in HPLC analysis of crude saponin obtained from soybean sprout. Molecular weight of soyasaponin I is 942.

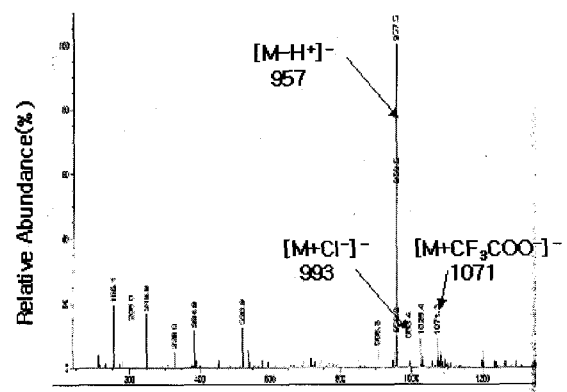


Fig. 8. Negative ion mode ESI mass spectrum of peak 1 in HPLC analysis of crude saponin obtained from soybean sprout. Molecular weight of soyasaponin V is 958.

a, b, c, d 밴드가 관찰되어, 다른 종류의 사포닌이 생성되는 것으로 생각된다.

ESI/LC-MS 분석에 의한 사포닌 조성

역상 컬럼으로 콩나물 사포닌을 분리하기 위해 methanol과 물을 이용한 다 단계 용매 농도차를 이용하였다. Fig. 2에 보인 방법으로 콩나물에서 추출된 조 사포닌을 Table 1과 같은 조건에서 LC/MS로 분석하였을 때 UV 205 nm에서 흡광도에 따른 chromatogram은 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 피크 1, 2, 3, 4, 및 5를 Electrospray Ionization(ESI) mass spectrometer로 분석하였을 때, 각각 soyasaponin V, I, II, III 및 IV로 확인되었다^(10,13,14). Fig. 7은 Fig. 6에서 피크 2의 MS ion spectrum인데 soyasaponin I의 분자량이 942인 점을 고려할 때 주 peak는 soyasaponin I에서 수소 하나가 제거된 형태([M-H]⁻), 그리고 나머지 몇 개의 피크는 염소(Cl⁻), CF₃COO⁻가 adduct된 물질로서 그 결과 Fig 6에서 피크 2는 soyasaponin I으로 동정되었다. 또 다른 예로 Fig. 8은 Fig. 6에서 피크 1의 MS ion spectrum인데 위와 같은 방법으로 동정하였을 때 soyasaponin V이라고 할 수 있다.

또한 사포닌은 205 nm에서 흡광도를 보이나 254 nm에서는 흡광도를 보이지 않는다⁽¹⁵⁾ 콩 사포닌을 LC로 분리 후 254 nm에서 분석하였을 때 Fig. 6(205 nm에서 분석)의 피크 1, 2, 3, 4 및 5가 관찰되지 않았다. 이 사실은 피크 1, 2, 3, 4 및 5가 soyasaponin이란 사실을 더욱 믿게 한다.

콩나물 재배 후 사포닌의 함량과 조성

5일 동안 콩나물로 재배해서 Fig. 2와 같이 추출하여, HPLC를 이용해 Table 1의 조건에서 사포닌을 분석하였다. 보고된 soyasaponin의 20종 중에서 생리활성을 갖는 group B를 중심으로 함량과 조성의 변화를 UV 205 nm에서 흡광도의 상대적 값으로 살펴본 결과는 Table 2와 같다

은하콩의 사포닌 group B 함량과 조성은 5일 동안 콩나물로 성장하면서 IV는 8.7배, I는 7배, V는 3.3배, II는 2배 그리고 III는 1.4배로 각각 증가하였다. 특히 IV과 I이 많이 증가하였다. Table 2에서 콩 종실에 함유된 사포닌은 콩나물로 발아·성장하면서 각 종류에 따라 다른 비율로 증가되어 생합성이 각각 다르게 조절된다는 것을 보여주고 있다.

Table 2. Soyasaponin composition in soybean seed and soybean sprout¹⁾

Soyasaponin group B	Soybean seed (mAU ²⁾)	Soybean sprout (mAU)
I	2.74 ± 0.89 ³⁾	19.31 ± 4.23
II	4.28 ± 0.56	8.72 ± 2.03
III	7.34 ± 0.99	10.10 ± 1.94
IV	1.68 ± 0.23	14.69 ± 0.76
V	3.67 ± 1.20	12.41 ± 2.98

¹⁾Soybean sprout was grown for five day. Soyasaponins were analyzed using HPLC at 205 nm.

²⁾milli Absorbance Unit.

³⁾Mean of triplicate ± standard deviation.

콩나물 부위별 사포닌의 함량과 조성

조 사포닌 함량이 가장 많이 증가했던, 6일 동안(Fig. 3) 재배한 콩나물의 자엽, 줄기 및 뿌리의 각 부위별로 group B 사포닌의 함량을 분석한 결과는 Table 3와 같다. 자엽 부분의 사포닌은 비교적 적은 양이 고루 함유되어 있었다. 줄기는 자엽에 비해 I은 10.53배, III는 10.49배, V는 8.14배, IV는 5.72배 그리고 II는 1.45배로 모두 많았다. 뿌리는 자엽에 비해 V는 9.37배, I은 5.54배, IV는 4.86배 그리고 III는 2.77배 많았지만, II는 2.96배 더 적었다. 특히 뿌리부위에서 V의 함량이 자엽과 줄기에 비해 높은 함량을 보였다. 콩나물의 줄기와 뿌리가 자라면서 주로 I, IV, V의 사포닌이 증가하였다. 이상의 결과로부터 group B 사포닌의 경우 자엽에 적고 주로 줄기와 뿌리에 많이 분포하며, 콩나물 부위에 따라 증가하는 사포닌의 종류가 다를 수 있다. 사포닌의 종류가 다를 경우 인체에 미치는 생리적 효과가 다르다는 여러 보고가 있다⁵⁾. 또한 사포닌은 병원균의 공격을 비롯한 환경변화에 생합성이 매우 민감한 것으로 알려져 있다^{8,16)}. 그러므로 콩나물에서 재배조건 및 성장에 따른 사포닌 종류별 함량의 변화에 대한 좀 더 깊은 연구는 콩나물의 생리적 기능성을 이해하는데 많은 도움을 줄 것이다.

요 약

은하콩의 조 사포닌은 4.59 mg/g이었으며, 콩나물로 발아·성장하면서 사포닌 함량이 증가하여 재배 5~6일째에 5.30~5.33 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 6일째 이후에는 사포닌 함량이 감소하였다. 6일 동안 재배하여 자엽, 줄기 및 뿌리의 조 사포닌 함량은 자엽 4.17 mg/g에 비해 줄기 7.46

mg/g과 뿌리 7.45 mg/g으로 거의 2배정도 높은 함량을 보였으며, 뿌리와 줄기는 비슷한 수준이었다. TLC를 이용한 부위별 사포닌 밴드 패턴으로부터 14종이 확인되었다. 줄기와 뿌리 부위는 콩에서 발견되는 여러 가지 사포닌이 함유되어 있으며, 줄기와 뿌리 부위는 Rf 0.5이하에서 비슷한 패턴으로 뚜렷한 밴드를 나타냈다. 콩의 soyasaponin group B 사포닌함량과 조성은 5일 동안 콩나물로 성장하면서 IV는 8.7배, I은 7배, V는 3.3배, II는 2배 그리고 III는 1.4배로 각각 증가하였으며, 특히 IV와 I이 많이 증가하였다. 콩나물 부위별 사포닌 함량은 자엽 부분에서 비교적 적은 양이 고루 함유하였다. 줄기는 자엽에 비해 I은 10.53배, III는 10.49배, V는 8.14배, IV는 5.72배 그리고 II는 1.45배로 더 많았다. 뿌리는 자엽에 비해 V는 9.37배, I은 5.54배 IV는 4.86배 그리고 III는 2.77배 많았지만, II는 자엽보다 2.96배 더 적었다. 콩나물의 줄기와 뿌리가 자라면서 주로 soyasaponin I, IV 및 V가 증가하였다. 이와 같이 콩나물의 사포닌은 성장함에 따라 또는 부위에 따라서 각각 다르게 생합성이 조절되는 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발 사업의 지원에 의해 이루어진 연구의 일부분으로서 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Anderson, J.J.B. and Garner, S.C. The soybean as a source of bioactive molecules, pp. 239-269. In: Essentials of Functional Foods. Schmidl, M.K. and Labuza, T.P. (eds.). Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, MD, USA (2000)
- Devries, J.W. and Silvera, K.R. Measurements of nutrients and chemical components and their bioavailability, pp. 99-134. In: Essentials of Functional Foods. Schmidl, M.K. and Labuza, T.P. (eds.). Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, MD, USA (2000)
- Geil, P.B. and Anderson, J.W. Nutrition and health implications of dry beans. A review. J. Am. Coll. Nutr. 13: 549-558 (1994)
- Anderson, R.L. and Wolf, W.J. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponin and isoflavones related to soybean processing. J. Nutr. 125: 581-588 (1999)
- Yoshiki, Y., Kudou, S. and Okubo, K. Relationship between chemical structure and biological activities of triterpenoid saponin from soybean. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62: 2291-2299 (1998)
- Kitagawa, I., Wang, K.H., Taniyama, T. and Yoshikawa, M., Saponin and sapogenol. XXI. Reinvestigation of the structures of soyasapogenols A, B and E, oleanene-sapogenols from soybean.

Table 3. Group B soyasaponin composition in the various parts of soybean sprout¹⁾

Soyasaponin group B	Cotyledon (mAU ²⁾)	Stem (mAU)	Root (mAU)
I	8.46 ± 1.42 ³⁾	89.16 ± 3.45	46.94 ± 8.32
II	4.03 ± 1.23	5.84 ± 1.00	1.07 ± 0.98
III	2.14 ± 1.59	22.46 ± 3.97	5.93 ± 1.41
IV	9.96 ± 2.45	57.03 ± 2.43	48.44 ± 5.77
V	5.05 ± 0.97	41.11 ± 5.30	47.31 ± 6.21

¹⁾Soybean sprout was grown for six days. Soyasaponins were analyzed using HPLC at 205 nm.

²⁾milli Absorbance Unit.

³⁾Mean of triplicate ± standard deviation.

- Structure of soyasaponins I, II, and III. *Chem. Pharm. Bull.* 36: 153-161 (1988)
7. Shiraiwa, M., Harada, K. and Okubo, K. Composition and content of saponin in soybean seed according to variety, cultivation year and maturity. *Agric. Biol. Chem.* 5: 323-331 (1991)
 8. Wink, M. Introduction: biochemistry, role and biotechnology of secondary metabolites, pp. 1-16. In: *Functions of Plant Secondary Metabolites and Their Exploitation in Biotechnology*. Wink, M. (ed.). Sheffield Academic Press. Boca Raton, FL, USA (2000)
 9. Cheung, W.K. Physicochemical and sensory characteristics of soybean sprouts in relation to soybean cultivars and culture period. Seoul National Univ., Ph.D. dissertation, Seoul, Korea (1998)
 10. Fuzzati, N., Pace, R., Papeo, G. and Peterlongo, F. Identification of soyasaponins by liquid chromatography-thermospray mass spectrometry. *J. Chromatogr. A.* 777: 233-238 (1997)
 11. Research Committee on Textbook of Natural Products Chemistry. *Chemistry of Organic Natural Products*, p. 369. Younglim, Seoul, Korea (1989)
 12. Shimoyamada, M., Kudo, S., Okubo, K., Yamauchi, F. and Harada, K. Distributions of saponin constituents in some varieties of soybean plant. *Agric. Biol. Chem.* 54: 77-81 (1990)
 13. Hu, J., Lee, S.O., Hendrich, S. and Murphy, P.A. Quantification of the group B soyasaponins by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 50: 2587-2594 (2002)
 14. Muir, A.D., Ballantyne, K.D. and Hall, T.W. LC-MS and LC-MS/MS analysis of saponins, pp. 38-39. In: *Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants*. Oleszek, W. and Marston, A. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands (2000)
 15. Marston, A., Wolfender, J.L. and Hostettmann, K. Analysis and isolation of saponins from plant material, pp. 1-12. In: *Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants*. Oleszek, W. and Marston, A. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands (2000)
 16. Bewley, J.D., Hampel, F.D., McCormick, S. and Zambryski, P. Responses to plant pathogens, pp. 1102-1156. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Buchanan, B.B., Gruissem, W. and Jones, R.L. (eds.). The American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, USA (2000)

(2003년 7월 29일 접수; 2003년 10월 28일 채택)