

대두 가공품 1회분량 내 이소플라본, 사포닌, 식이섬유,
대두 올리고당 및 레시틴의 함량
- 상업용 대두 가공품 1회 분량 당의 생리활성 물질 함량 분석 -

김천희 · 박점선* · 손헌수 · 정재원
(주) 정 · 식품, 중앙연구소

Determination of Isoflavone, Total Saponin, Dietary Fiber,
Soy Oligosaccharides and Lecithins from
Commercial Soy Products Based on the One Serving Size
- Some bioactive compounds from commercialized soy products -

Cheon-Hoe Kim, Jeom-Seon Park*, Heon Soo Sohn and Chai Won Chung
Central Research Center at Dr. Chung's Food Co., Ltd.

The levels of biologically active compounds, such as isoflavone, total saponin, dietary fiber, soy oligosaccharides, and lecithin from each serving size of commercial soy products, were quantitatively determined from the raw soybean, soymilk, tofu, isolated soy protein (ISP), soybean paste(toenjang), natto, and tempeh from local and foreign market. Soy flour, natto, and soymilk contained 489.1 mg, 308.3 mg, and 138.1 mg of isoflavone in each 100 g of dry matter, respectively. The ratios of aglycone to glucoside of soybean paste and tempeh showed relatively high level compared with other tested soy products. Commercial soymilk showed the highest ratio of soluble fiber to total dietary(59%). The higher levels of dietary fiber (20.1 g) and lecithin (1.13 g) were also found in tofu. The lecithin and saponin content of isolated soy protein(ISP) were the highest (0.63 g and 0.65 g/100 g of dry matter) among the tested samples. In conclusion, soy flour showed the highest level of biologically active compounds, such as saponin, isoflavone, dietary fiber, and soy oligosaccharides. But when the evaluation was based on the serving size, soymilk containing 31.5 mg of isoflavone, 2.59 g of dietary fiber, 0.57 g of oligosaccharides, 0.10 g of lecithin, and 0.11 g of saponin showed similarity to those of the tested soybeans(20g).

Key words: isoflavone, saponin, oligosaccharides, soymilk, soy products

서 론

대두는 아시아 지역에서 오래 전부터 재배되어 왔지만, 현재는 아시아 국가 뿐만 아니라 미국을 비롯하여 브라질, 아르헨티나 등지에서도 많이 재배되고 있고, 전세계 대두의 약 1/2 이상이 미국에서 생산되고 있다⁽¹⁾. 최근 들어 대두는 미국 등 서구 국가에서 동물성 식품을 대체할 수 있는 우수한 영양원으로 각광을 받고 있기도 하다. 서구 국가들에 있어서는 동물성 식품 위주의 식습관 때문에 고혈압, 동맥경화증, 심장병, 암, 골다공증과 같은 성인병이 주요한 사망 원인이

되고 있는 반면⁽²⁾, 다양한 형태의 대두 제품을 많이 섭취해 온 일본의 경우 성인병 발생률이 서구 국가들에 비해 상대적으로 낮고, 미국 내 일본인 2세를 대상으로 연구한 결과 심혈관 질환 발생률은 육류 중심의 식사를 하고 있는 같은 일본인들보다 지속적으로 대두 제품을 섭취하는 일본인들에서 낮았다는 것이 보고되면서⁽³⁾ 대두의 생물학적 활성에 관심이 집중되고 있으며^(4,5), 매년 세계 각국에서 대두성분의 생리활성과 관련된 심포지엄이 열리고 있기도 하다. 대두 내 생물학적 활성 물질로 알려진 성분은 이소플라본, 식이섬유, 대두 올리고당, 레시틴, 사포닌 등으로 현재 각종 암, 골다공증, 고지혈증을 예방할 뿐만 아니라 비만, 혈당 및 콜레스테롤을 조절하는 효과가 있음이 많은 연구자들에 의하여 증명되고 있다. 그 중 이소플라본은 여성 호르몬인 estrogen과 유사한 특성을 가지며⁽⁶⁾, 혈중 콜레스테롤을 낮추고 폐경기 여성의 골격 손실을 억제하여 심혈관질환, 골다공증을 예방할 뿐만 아니라 폐경기 이후의 각종 증후군을 완화하고, 유방

*Corresponding author : Jeom-Seon Park, Central Research Institute at Dr.Chung's Food co., Ltd. 1-25, Song-Jeong Dong, Heung-Duk Gu, Cheong-Ju Si, Chung-Buk Do, 361-290, Korea
Tel: 043-270-8972
Fax: 043-268-2342
E-mail: jspark@vegemail.co.kr

암, 전립선암, 난소암, 대장암 예방 효과를 보이는 등과 같은 많은 생리적 활성이 계속적으로 보고되고 있다⁶⁾.

대두 올리고당은 식이섬유와 함께 장내에서 비타민 합성 촉진, 유해균 및 외부 침입균의 증식 억제, ammonia와 amine의 생성을 억제할 뿐만 아니라 면역 기능을 강화하고 장관의 연동운동을 촉진함으로써 항염증 작용이 있고 소화와 흡수를 촉진하는 유용균⁷⁾인 *Bifidobacteria*의 성장 촉진 인자⁸⁾이다.

역학 자료에 의하면 복합 다당류와 식이 섬유를 섭취하게 되면 관상 동맥 질환 발생을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있는데, 식이 섬유 중 수용성 섬유소는 LDL콜레스테롤을 낮추어 줄 수 있는 것으로 나타났다. 수용성 섬유소는 높은 수분 보유력으로 인해 장 내 내용물의 점성을 높여 gastric emptying rate, intestinal transit time을 늦추고^{9,10)}, 소장막 내 unstirred layer를 통한 확산과 흡수를 저해한다^{11,12)}. 일부에서는 과량의 식이 섬유가 미량 영양소 흡수에 문제를 일으킬 수 있다고 하지만 인슐린-포도당 반응을 조절하고 쓸개즙의 재흡수를 억제할 뿐만 아니라¹³⁾ 콜레스테롤 합성에 필요한 HMG-Co A reductase 또는 7- α -hydroxylase의 활성을 바꾸어¹⁴⁾ 당뇨와 심혈관 질환 예방에 효과적이다.

레시틴은 지방 분자 중 glycerol의 세 번째 탄소에 인산기를 중심으로 choline 분자와 결합하여 있는 인지질의 일종으로 세포막 구성, 장내 지질 소화에 중요한 역할을 하고 있다⁴⁰⁾. 노화 과정 중 세포막 뿐만 아니라 세포내 소기관 중 막 내 인지질이 cholesterol로 대체되면 막 성분이 변하여 단단해지고 생물학적 활성을 잃게 되지만 lecithin이 함유된 식이를 섭취하게 되면 미토콘드리아 막 내 cholesterol 성분의 증가를 억제하여 막의 신축성을 유지할 수 있다¹⁵⁾.

한편, 사포닌은 이중 극성을 가지고 열에 안정한 당 복합체로¹⁶⁾ 과거에는 쓴 맛과 아린 맛으로 식품에 좋지 못한 영향을 미치고¹⁷⁾ 적혈구 막을 파괴하는 독성 물질로 알려져 있었으나 최근 연구에 의해 성장에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 드러났다¹⁸⁾. 사포닌의 생리 활성 효과는 콜레스테롤을 낮추고¹⁹⁾ 면역 반응을 자극하며²⁰⁾ 항암 작용이 있는 것으로²¹⁾ 알려져 많은 연구가 계속되고 있다.

대두에는 다양한 생물학적 활성 물질들이 함유되어 있지만 제품의 제조 방법상 손실 또는 변환되는 영양소의 양과 상호작용 등이 다르게 나타날 수 있다. 또한 각 제품마다 한 번에 섭취할 수 있는 양이 달라 실질적으로 섭취 가능한 생

물학적 활성 물질의 양은 달라질 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구에서는 시판되는 raw soybean, 시판 두유, 두부, 콩가루, ISP(isolated soy protein), 된장, natto, tempeh 제품으로부터 이소플라본, 식이섬유, 대두 올리고당, 레시틴, 사포닌의 양을 측정하고 이를 일상적으로 섭취할 수 있는 일회 분량(one serving size)으로 환산함으로써 일회 분량당 생물학적 활성을 지닌 성분들의 함량을 비교하고 우수한 공급원을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

재료

분말 시료를 제외한 모든 시료는 동결 건조(EYELA FD-81, Japan)한 후에 silica gel desiccator에 넣어서 보관하거나, deep freezer에서 냉동 보관하였다. 동결 건조한 시료는 레시틴(phosphatidylcholine) 분석용을 제외하고는 soxhlet 추출기를 이용하여 지방을 제거하였다. 사용된 시료의 일반 사항은 Table 1에 나타내었다.

이소플라본

이소플라본은 Wang 등²²⁾과 Barnes 등²³⁾의 방법을 개선한 HPLC(HP 1100 series, Hewlett Packard, USA)법으로 분석하였다. 즉, 지방을 제거한 시료에 80% methanol을 넣고 상온에서 4시간 동안 추출하였다. 추출된 시료를 여과한 후, 여액을 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 하였다. 칼럼은 Eclipse XDB-C₁₈ Column(150 mm \times 4.6 mm, 3.5 μ m, Agilent, USA)을 사용하였고, 이동상으로 0.1% acetic acid를 함유한 물과 0.1% acetic acid를 함유한 acetonitrile을 사용하여 linear gradient 방법으로 분리하였다. 표준 물질은 genistein 등 12종을 Sigma(USA), Fujico(Japan) 사로부터 구입하여 사용하였으며, malony-형, acetyl-형, glycosides, aglycone 등으로 구분하여 photo diode array detector로 260 nm에서 검출하였다.

식이섬유

식이 섬유는 AOAC 방법²⁴⁾과 일본 위생 시험법²⁵⁾을 변형하여 총 식이섬유, 수용성 식이섬유, 그리고 불용성 식이섬유로 구분하여 측정하였다.

Table 1. The general characteristics and one serving size of commercial soy products

Soy products	Total solids %	Fat %	One serving size (g) ¹⁾	Others
Raw soybean	90.5	21.4	20	Imported soybean from the US
Soymilk	11.3	3.59	200	Manufactured by a Korean company using imported soybeans from the US
Solid Tofu	16.0	4.90	80	Manufactured by a Korean company
Soy flour	92.3	20.6	30	Manufactured by Korea company using imported soybean from the US
Isolated soy protein	91.3	1.48	30	Product of USA
Soybean paste	47.0	3.71	15	Traditional soybean paste
Natto	40.2	9.45	50	Product of a Japanese company
Fried Tempeh	96.2	41.9	30	Product of an Indonesian company

¹⁾One serving size⁽⁴¹⁾ referred in this paper takes into consideration of the fact that each soy food is different in solid contents and serving method. In this research one serving size is defined as 20 g of raw soybean, 200 g of soymilk, 80 g of solid tofu, 30 g of soy flour, 30 g of isolated soy protein, 15g of soy paste, 50 g of natto and 30 g of tempeh

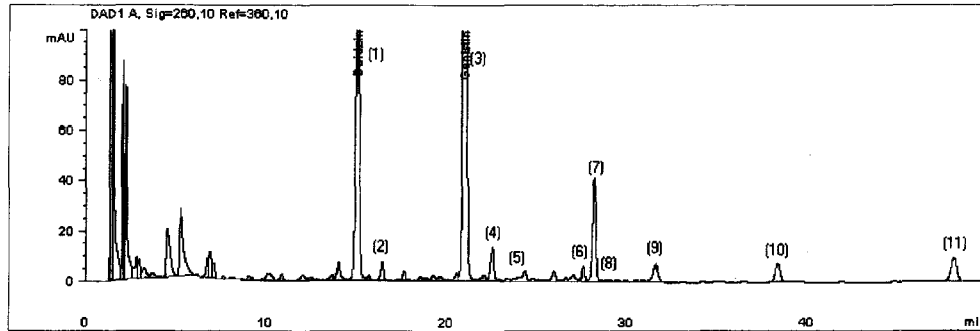


Fig. 1. HPLC chromatogram of isoflavones from commercial soymilk.

The isoflavone compounds were separated by using Eclipse XDB-C₁₈ Column(150 mm×4.6 mm, 3.5 μm, Agilent, USA) with a stepwise gradient from 93% water containing 0.1% acetic acid and 7% acetonitrile containing 0.1% acetic acid to 80% water containing 0.1% acetic acid and 20% acetonitrile containing 0.1% acetic acid at a flow rate of 1.5 mL min⁻¹ and measured by a photodiode array detector at 260 nm. (peaks 1. daidzin, 2. glycitin, 3. genistin, 4. malonyl-daidzin, 5. malonyl-glycitin, 6. acetyl-daidzin, 7. malonyl-genistin, 8. acetyl-glycitin, 9. daidzein, 10. acetyl-genistin, 11. genistein)

대두 올리고당

대두 올리고당은 Black 등⁽²⁶⁾의 다소 변형하여 분석하였다. 즉, 동결 건조된 시료 2g에 80% methanol 40 mL을 넣고 80°C에서 1시간 동안 환류 추출한 후 원심 분리하여 상등액을 모으고, 10% lead acetate로 처리하였다. 다시 10% oxalic acid를 첨가한 후 농축하고, 이를 0.45 μm membrane으로 여과한 후 HPLC(HP 1100 Series, Hewlett Packard, USA), evaporative light scattering detector(ELSD 2000, Alltech, USA)로 분석하였다. Column은 Spherisorb NH₂(4.6 × 250 mm, Waters)를 사용하였고, 70% acetonitrile을 이동상으로 하였다. 내부 표준물질은 xylose를 사용하였다.

레시틴

레시틴은 Balazs⁽²⁷⁾ 등과 Folch⁽²⁸⁾ 등의 방법을 다소 수정하여 HPLC로 분석하였다. 즉, 동결 건조한 시료에 chloroform/methanol(2:1) 30 mL을 가해 65°C에서 1시간 동안 추출한 지방을 여과하고 5% NaCl 20 mL를 넣고 혼합한 후, 정치하여 분리된 상층의 chloroform을 농축하여 0.45 μm membrane으로 여과한 후 HPLC(HP 1100 Series, Hewlett Packard, USA)로 분석하였다. 분석 칼럼은 LiChrospher Si-60(5 μm, HP), 이동상은 acetonitrile/methanol/ phosphoric acid(130:5:1.5) 혼합액을 사용하였고 photo diode array detector로 205 nm에서 측정하였다.

총 사포닌

사포닌은 sulfuric acid-vanillin법을 이용하여 정량하였다⁽²⁹⁾. 즉, 탈지 분말 약 1g에 80% methanol 30 mL을 가하고 80°C 항온수조에서 1시간 환류 추출한 후 잔류물에 다시 80% methanol 용액 20 mL로 추출, 여과하는 조작을 2회 반복하여, 1차 추출액과 함께 감압 농축하였다. 농축물을 증류수에 용해하고 분획 깔대기에 넣어 diethylether로 지용성 물질을 추출 제거하였다. 물 층을 water saturated butanol로 4회 추출한 후, butanol층을 모아 증류수로 씻은 다음에 water saturated butanol층을 감압 농축하였다. 농축물을 methanol에 녹여 50 mL로 정용하여 saponin 추출액으로 하였다. 사포닌 추출액을 100 μL 취하여 ice-bath 속에서 8% vanillin-ethanol

용액과 72% sulfuric acid용액을 넣고 60°C water bath에서 10분간 발색시켜 분광광도계(HP 8452A, Hewlett Packard, USA)로 545 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대두 사포닌은 Wako(192-08851, Wako, 일본) 제품을 사용하였다.

결과 및 고찰

이소플라본

두유에 함유된 이소플라본을 HPLC로 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 본 실험에 사용된 분석방법으로 두유에 함유된 12종의 이소플라본을 약 50분 이내에 깨끗하게 분리해 낼 수 있었다.

대두 및 대두 가공품 8종의 이소플라본 함량을 살펴본 결과는 Table 2, 3과 같다. 건물 중 이소플라본 함량(mg%)은 생대두분말(489.1) > 대두(398.4) > natto(308.3) > 두부(247.3) > 두유(138.1) > ISP(109.7) > 된장(77.7) > tempeh(25.9) 순으로 높게 나타났다. 생대두분말과 대두의 총 이소플라본 함량에 있어서 보이는 차이는 원산지의 차이와 재배시기 등에 따라 다르다는 보고⁽⁴²⁾로 볼 때, 원산지의 차이에 기인되었을 것으로 판단된다. Aglycone에 대한 glucoside의 비율에 있어서 일반 대두나 단순 대두 가공품의 경우는 glucoside의 비율이 월등하게 높은 것에 비하여, 발효 대두에 있어서는 natto를 제외하고는 aglycone의 함량이 상대적으로 더 높게 나타났다. 특히 흥미로운 것은 된장의 경우는 glucoside에 비하여 aglycone이 더 높게 함유된 결과를 보이고 있다. 이는 Ikeda 등(1995)이 대두의 발효과정에서 glucosides가 감소하고 aglycone이 증가한다⁽³⁰⁾는 보고와 잘 일치되는 결과이다. 된장과 tempeh의 발효에 이용되는 *Aspergillus* sp.과 *Rhizopus* sp.의 곰팡이는 당을 주로 이용하기 때문에 aglycone/glucoside 이소플라본의 함량비가 각각 1.184과 0.703으로 높아지고, 반면에 natto는 *Bacillus subtilis*균이 주 미생물로 단백질 분해효소를 분비하는 특성이 있어 aglycone/glucoside의 함량비가 0.041로 다른 비발효 대두 식품과 유사한 것으로 판단된다(Table 2). 식품 내 이소플라본은 대부분 glucoside형태로 함유되어 있으며 체내 이용을 위해 장내 세균이 생성하는 β-glucosidase에 의해 glucoside결합이 분해되어 aglycone형태로 흡수된

Table 2. Isoflavone contents in dry and wet basis, and one serving size in each soy products

	Isoflavones			
	mg% (dry basis)	mg% (wet basis)	mg/serving size ¹⁾	Aglycone/glycoside
Raw soybean	398.4±17.7	398.4±17.7	79.7	0.005
Soy milk	138.1±0.5	15.8±0.5	31.5	0.027
Solid Tofu	247.3±2.5	39.5±2.5	31.6	0.019
Soy flour	489.1±5.7	451.2±5.7	135.4	0.014
Isolated soy protein	109.7±0.2	101.8±0.2	30.5	0.039
Soybean paste	77.7±1.3	36.8±1.3	5.5	1.184
Natto	308.3±11.2	123.8±11.2	61.9	0.041
Fried Tempeh	25.9±0.3	24.9±0.3	7.5	0.703

¹⁾One serving size: raw soybean (20 g); soy milk (200 g); solid tofu (80 g); soy flour (30 g); isolated soy protein (30 g); soybean paste (15 g); natto (50 g); fried tempeh (30 g)

Table 3. The composition of isoflavones as malonyl, acetyl, glucoside and aglycone types in 100 g dried soybean products, including raw soybean, soy milk, solid tofu, soy flour, isolated soy protein, soybean paste, natto and fried tempeh <mg/100 g dry matter>

	Malonyl (mg)			Acetyl (mg)			Glucoside (mg)			Aglycone (mg)			Total
	Daidzin	Glycitin	Genistin	Daidzin	Glycitin	Genistin	Daidzin	Glycitin	Genistin	Daidzein	Glycitein	Genistein	
Raw soybean	137.40	0.69	169.50	2.26	19.50	1.70	26.03	0.29	39.26	0.75	0.20	0.84	398.50±17.70
Soy milk	7.26	0.16	15.20	1.39	0.02	1.71	39.50	1.51	67.70	1.64	0.28	1.76	138.10±0.46
Solid Tofu	69.80	7.57	87.70	3.53	0.40	3.46	26.50	7.53	36.10	1.91	0.64	2.05	247.30±2.47
Soy flour	163.00	3.60	222.90	2.51	0.04	2.38	34.80	2.32	50.70	2.90	0.53	3.45	489.10±5.68
Isolated soy protein	10.70	2.21	25.60	2.44	0.30	4.31	17.10	3.99	40.60	1.22	0.68	2.29	109.70±0.23
Soybean paste	0.96	0.90	0.82	2.92	1.86	2.89	11.30	1.28	12.60	15.10	7.36	19.70	30.80±1.27
Natto	0.53	0.29	0.58	1.87	0.71	3.05	120.30	36.60	132.10	2.76	2.17	7.07	308.30±11.20
Fried Tempeh	0.35	0.87	0.83	3.50	0.19	5.19	1.08	0.24	2.96	4.28	0.87	5.56	25.90±0.32

다^(7,31)는 연구 결과들로 볼 때 우리의 전통 발효 대두인 된장이 이소플라본의 흡수 측면에서는 도움이 될 수도 있음을 보여 주고 있다.

또한 Table 3의 이소플라본 종류에 따른 분포를 보면 총 이소플라본 함량에 대한 열에 불안정한 malonyl 이소플라본의 비율은 열처리를 받지 않은 대두, 생대두분말 등에서는 78~80% 정도로 높게 나타난 반면에 제조공정에서 UHT 등 열처리 과정을 거치는 두유는 16%, toasting 과정을 거치는 분리 대두 단백질은 35%, 제조 과정에서 열처리를 받지만 UHT 공정이 없는 두부는 67% 정도로 많은 차이를 보이고 있다. 특히 natto의 경우 전체 이소플라본에 대한 malonyl 이소플라본의 비율이 0.5% 정도의 매우 낮은 값을 보이고 있는데, 제조 공정에서의 cooking 공정에서의 열처리 뿐만 아니라 납균인 *Bacillus natto*의 생리적 특성에 기인하는 것으로 판단된다. Malonyl 이소플라본은 열에 불안정하여 열처리 등으로 분해되면 이소플라본 배당체로(glycoside) 전환됨⁽⁴³⁾에 따라서 두유, 된장, 납두 등에서 총 이소플라본에 대한 배당체의 비율이 78%, 82%, 94%로 각각 크게 높아져 있음을 알 수 있다. 이는 가공 공정이 서로 다른 제품은 이소플라본의 분포에서도 큰 차이를 보이고 있음을 잘 나타내 주는 결과이다.

섭취분량에 따른 함량을 기준으로 할 때 이소플라본의 함량은 생대두분말, 대두 등에서 높게 나타났으나, 일상적으로 비교적 많이 섭취하는 두유와 두부에 있어서는 각각 31.5, 31.6 mg으로 비슷하게 나타났다. 하루에 50 mg 이상의 이소플라본을 섭취하면 뚜렷한 생리효과를 나타내는 것으로 보

고 되어 있는데^(32,33), 대두 가공식품의 경우 1회 섭취 분량을 기준으로 할 때, 두유와 두부는 하루에 약 1.6회 분량, 가공 된장은 약 9회 분량, 일본의 전통 대두 가공품인 natto는 약 0.8회 분량, 인도네시아의 전통 발효 대두인 tempeh는 약 6.7회 분량 정도를 섭취하면 이소플라본에 의한 생리효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

대두 올리고당과 식이섬유

대두 가공품 중의 대두 올리고당의 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다.

건물 100 g 내 함유된 대두 올리고당 양(%)은 생대두분말(2.87) > 대두(2.75) > 두유(2.59) > 두부(0.56) > natto(0.34) 순으로 높았으며, ISP나 발효과정에서 당분이 미생물에 의하여 이용되는 tempeh나 된장에는 상대적으로 적은 양이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 일반적으로 대두에 있어서 올리고당(stachyose, raffinose)의 함량은 원산지에 따라서 차이를 보이는 것으로 보고되어 있는데, 건물 기준으로 미국산 콩은 3.7% 정도⁽⁴⁰⁾ 일본산 콩은 1.2~4% 까지로 폭 넓은 분포⁽³⁴⁾를 보이고 있기도 하다. 본 결과에서 raw soybean나 soy flour의 경우에는 sucrose의 함량은 기준에 문헌에 보고된 함량과 대체로 유사한 결과를 보였으나(데이터는 나타내지 않음), raffinose나 stachyose의 함량은 다소 낮은 값을 보이고 있다. 발효식품의 경우에는 발효과정에서 미생물에 의한 당의 부분적 또는 전부의 이용으로 올리고당의 함량 패턴이 달라진다.

대두 및 대두가공품중의 식이섬유 분석결과는 Table 5에

Table 4. The composition of oligosaccharides in soybean products

	% (Dry basis)			% (wet basis)			g/one serving size ¹⁾
	Raffinose	Stachyose	Total	Raffinose	Stachyose	Total	
Raw soybean	0.51	2.24	2.75	0.46	2.03	2.49	0.50
Soy milk	0.36	2.23	2.59	0.04	0.25	0.29	0.57
Solid Tofu	0.15	0.41	0.56	0.02	0.07	0.09	0.07
Soy flour	0.42	2.45	2.87	0.39	2.26	2.65	0.79
Isolated soy protein	0.08	0.11	0.19	0.07	0.10	0.17	0.05
Soybean paste	0.16	0.02	0.18	0.14	0.02	0.16	0.02
Natto	0.25	0.09	0.34	0.10	0.04	0.14	0.07
Fried Tempeh	0.05	0.12	0.17	0.05	0.12	0.16	0.05

¹⁾One serving size: raw soybean (20 g); soymilk (200 g); solid tofu (80 g); soy flour (30 g); isolated soy protein (30 g); soybean paste (15 g); natto (50 g); fried Tempeh (30 g)

Table 5. The composition of fiber in soybean products

	% (Dry basis)			% (Wet basis)			g/one serving size ¹⁾	Sol/insoluble ratio
	Insoluble	soluble	total	Insoluble	Soluble	total		
Raw soybean	20.70	4.63	25.40	18.80	4.19	23.00	4.59	0.22
Soy milk	2.69	3.96	6.65	0.30	0.44	0.74	1.47	1.47
Solid tofu	14.20	5.90	20.10	2.27	0.94	3.21	2.57	0.42
Soy flour	18.60	5.65	24.30	17.20	5.21	22.40	6.72	0.30
Isolated soy protein	2.12	1.01	3.13	1.94	0.92	2.86	0.86	0.48
Soybean paste	7.74	4.06	11.80	6.81	3.57	10.40	1.56	0.52
Natto	43.00	22.60	65.60	17.30	9.07	26.40	13.20	0.52
Fried Tempeh	5.73	2.12	7.85	5.51	2.04	7.55	2.26	0.37

¹⁾One serving size: raw soybean (20 g); soymilk (200 g); solid tofu (80 g); soy flour (30 g); isolated soy protein (30 g); soybean paste (15 g); natto (50 g); fried Tempeh (30 g)

Table 6. The contents of lecithin and total saponin in each soy product

	lecithin			saponin		
	% (dry basis)	% (wet basis)	g/one serving ¹⁾	% (dry basis)	% (wet basis)	g/one serving size ¹⁾
Raw soybean	0.58±0.00	0.52	0.10	0.54±0.06	0.49	0.10
Soy milk	0.46±0.02	0.05	0.10	0.49±0.03	0.05	0.11
Solid Tofu	1.13±0.01	0.18	0.14	0.60±0.17	0.10	0.08
Soy flour	0.14±0.01	0.13	0.04	0.52±0.01	0.48	0.15
Isolated soy protein	0.63±0.01	0.58	0.17	1.65±0.31	1.51	0.45
Soybean paste	0.02±0.00	0.02	0.00	0.22±0.00	0.19	0.03
Natto	0.10±0.01	0.04	0.02	1.39±0.12	0.56	0.28
Fried Tempeh	0.09±0.00	0.09	0.03	0.02±0.01	0.02	0.01

¹⁾One serving size: raw soybean (20 g); soymilk (200 g); solid tofu (80 g); soy flour (30 g); isolated soy protein (30 g); soybean paste (15 g); natto (50 g); fried tempeh (30 g)

나타내었다. 건물 100 g 내 함량은 natto, 대두 및 생대두분말에서 높게 나타났다. 대두, 두부, 생대두분말, natto와 같은 고형 제품 내에는 식이 섬유 양이 절대적으로 많이 함유되어 있었지만 전체 식이 섬유 중 수용성 섬유소의 함유 비율은 가공 과정을 통하여 불용성 식이 섬유를 비지 형태로 제거하는 두유가 59%로 가장 높은 값을 보였다.

레시틴과 사포닌

레시틴의 양은 건물 100 g을 기준으로 두부와 ISP(분리대두단백), 두유에 각각 1.13, 0.63, 0.46 g 순으로 높았으나, 두부와 두유는 수분 함량이 높아 제품 100 g당 함량은 0.15,

0.05 g으로 감소하였다(Table 6). 이를 일회 분량으로 환산하는 경우 ISP에는 0.17 g, 두부에는 0.14 g, 두유에는 0.1 g이 함유되어 있었다. 대두에는 약 25~30% 정도의 지방이 함유되어 있고⁽³⁵⁾, 정제하지 않은 대두유 중의 총 인지질 함량은 2.50~3.25(평균 2.87)% 정도이며⁽³⁶⁾, 대두 인지질 중에는 32.7~53.0(평균 43)% 정도의 레시틴이 함유되어 있는 것으로 보고되어 있으나⁽³⁵⁾, 일반 대두 가공품중의 인지질 함량에 대해서는 많은 보고가 되어 있지 않아 정확한 비교가 어려웠다.

대두 가공품중의 총 사포닌 함량(% dry basis)은 ISP(1.65) > natto(1.39) > 두부(0.60) > 대두(0.54) > 생대두분말(0.52) > 두유(0.49) > 된장(0.19) > tempeh(0.02) 순으로 나타났

다. 다른 대두 가공품에 비하여 분리대두단백(ISP)과 natto에 높은 함량을 보였다. 이를 우리가 일상적으로 섭취할 수 있는 1회 분량으로 환산하였을 때, ISP(0.43) > natto(0.28) > 생대두분말(0.15) > 두유(0.11) > 대두(0.10) > 두부(0.08) > 된장(0.03) > tempeh(0.01)의 순으로 높게 함유 되어 있었다. Natto에서 상대적으로 총 사포닌 함량이 높게 나타난 것은 단백질질을 기질로 하는 natto균이 상대적으로 사포닌 배당체에 대한 가수분해가 적음에 기인하는 것으로 사료된다.

기준에 보고된 대두 가공품의 사포닌의 함량은 분석방법에 따른 차이를 보이고 있는데 대두의 경우는 0.22~0.53%의 범위를 보이고 있으나^(17,37,38), 분석자에 따라서는 3.2%(dry basis) 정도의 높은 값을 보이는 경우도⁽³⁸⁾ 보고되고 있다. 두유의 경우는 0.26~0.39%(dry basis)의 범위를⁽³⁸⁾, 생대두분말(full fat soy flour)의 경우는 열처리 한 제품과 하지 않은 제품간의 차이는 있지만 약 0.47~0.53%(dry basis)⁽³⁷⁾ 정도, 두부는 건물 기준으로 0.30~0.33%(dry basis)⁽³⁰⁾를 보이고 있다. 본 연구 결과는 기준에 발표된 문헌들과 유사한 값을 보였다.

대두 제품은 제품의 형태와 용도, 다양성과 접근성, 식염 처리 등으로 인하여 한번 섭취하는 제품의 양과 함께 영양소 함량도 달라지게 된다. 또한 분석 방법 및 각 문헌과도 그 함량이 다르다. 실제로 이소플라본 함량을 전반적으로 살펴본 문헌의 내용을 우리 나라에서 권장하는 일회 분량으로 환산한 결과 대두는 37.8 mg, 두유는 17.5 mg, 두부는 26.9 mg, 생대두분말은 62.6 mg, 분리대두단백(isolated soy protein, ISP)은 60.5 mg, fried tempeh는 15.9 mg으로 본 연구에서 분석한 함량이 각각 79.7, 31.5, 31.6, 135.4, 30.5, 7.47 mg이었던 것과는 그 함량에서 차이를 보였다. 생대두분말은 전 대두 성분에 변화를 주지 않는 건조된 형태로 생물학적 활성 물질의 함량이 가장 높았지만, 일회 분량은 약 30 g으로 약 1/3컵 정도가 되며 하루에 3단위를 먹어주는 것은 무리가 될 수 있다. 된장과 natto, tempeh의 경우 발효된 제품으로서 일상적으로 많이 섭취하기란 쉽지 않다. 반면 두유의 경우 일회 분량 내 생물학적 활성 물질의 함량이 가장 대두와 유사하였으며 두유의 경우 접근성이 크고 섭취가 용이하여 쉽게 생물학적 활성 물질을 공급할 수 있는 제품으로 예상된다.

요 약

대두 제품 중 대두, 두유, 두부, 생대두분말, 분리대두단백(isolated soy protein, ISP), 된장, natto, tempeh의 이소플라본, 수용성 식이섬유, 대두 올리고당, 레시틴, 사포닌의 함량을 분석하였다. 건물 기준으로 생대두분말과 natto, 두유에는 각각 489.1 mg%, 308.3 mg%, 138.1 mg%의 이소플라본이 함유되어 있었다. 이소플라본의 aglycone/glucoside 비율은 natto에 비하여 된장과 tempeh가 더 높았다. 생대두분말은 24.3%의 식이 섬유와 2.87%의 대두 올리고당을 함유하고 있었다. 두유의 경우 식이 섬유의 절대량은 많지 않으나 soluble fiber/total dietary fiber 비가 59%로 가장 높았다. 건물기준으로 두부에는 20.1%의 식이 섬유와 1.13%의 레시틴이 함유되어 상대적으로 많았다. 분리대두단백에는 레시틴과 사포닌의 함유

량은 각각 0.63%와 0.65%였다. 비록 대두의 생물학적 활성 물질함량은 레시틴을 제외하고 대두 가공품 중 가장 높았으나 이를 일회 분량으로 환산한 경우 두유 내 생물학적 활성 물질의 양이 대두와 매우 유사하였다. 즉 두유 일회 분량(200 mL)에는 이소플라본 31.5 mg(raw soybean 15.9 mg), 식이섬유 2.59 g(raw soybean 4.59 g), 올리고당 0.57 g(raw soybean 0.50 g), 레시틴 0.10 g(raw soybean 0.10 g), 사포닌 0.11 g(raw soybean 0.10 g)이 함유되어 있어, 두유는 일상적으로 섭취하기 편하고 대두 생리활성 물질의 좋은 공급원이 될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과기부에서 시행한 선도기술개발과제(00-G-08-03-A-29)의 수행된 연구결과와 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Holt, S. The Soy Revolution. pp. 4-6. M. Evans and company, Inc., New York, USA (1999)
- National Center for Health Statistics. National Vital Statistics Report. 47(25): 35-36 (1999)
- Anthony, M.S., Clarkson, T.B. and Williams, J.K. Effects of soy isoflavones on atherosclerosis: potential mechanisms. Am. J. Clin. Nutr. 68(suppl): 1390s-1393s (1998)
- Karatkar, R. and Rao, A.V. Effect of soya bean saponins on azoxymethane-induced preneoplastic lesions in the colon of mice. Nutr. Cancer 27(2): 206-209 (1997)
- Setchell, K.R. and Cassidy, A. Dietary isoflavone: biological effects and relevance to human health. J. Nutr. 129: 758s-767s (1999)
- Messina, M.J., Persky, V., Setchell, K.D.R. Soy intake and cancer risk: A review of the *in Vitro* and *in Vivo* Data. Nutr. Cancer 21: 113 (1994)
- Park, S.I., Lee, H.K. and Kang, K.H. A study on the effect of oligosaccharides on growth of intestinal bacteria. Korean J. Dairy Sci. 10(4): 159-169 (1988)
- Wada, K., Watabe, J., Mizutani, J., Tomoda, M., Suzuki, H., Saitoh, Y. Effects of soybean oligosaccharide containing beverages on human fecal flora and metabolites. Nippon Nogeikagaku Kaishi 66(2): 127-135 (1992)
- Hanson, C.F. and Winterfeldt, E.A. Dietary fiber effects on passage rate and breath hydrogen. Am. J. Clin. Nutr. 42: 44-48 (1985)
- Harju, E. Increase in meal viscosity caused by addition of guar gum decrease postprandial acidity and rate of emptying of gastric contents in healthy subjects. Panminerva Med. 27: 223-232 (1985)
- Fuse, K., Bamba, T. and Hosada, S. Effects of pectin on fatty acid and glucose absorption and on thickness of unstirred water layer in rat and human intestine. Dis. Sci. 34: 1109-1116 (1989)
- Vahouny, G.B., Kritchesvsky, M.D. Dietary Fiber: Basic and clinical aspects. pp. 309-321, Schneeman, B.O. and Lefevre. (ed.). Plenum press, New York, USA (1985)
- Gallaher, D. and Schneeman, B.O. Intestinal interaction of bile acids, phospholipids, dietary fibers, and cholestyramine. Am. J. Physiol. 250: 420-426 (1986)
- Schneeman, B.O. and Tinker, L.F. Dietary fiber. Pediatric Clinics of North America 12(4): 825-838 (1995)
- Williams, C.M. and Maunder, K. Effect of dietary fatty acid composition on inositol-, choline- and ethanolamine-phospholipids of

- mammary tissue and erythrocytes in the rat. *Br. J. Nutr.* 68(1): 183-93 (1992)
16. Price, K.R., Johnson, I.T. and Fenwick, G.R. The chemistry and biological significance of saponins. In *Food and Feedingstuffs*, CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 26: 27-135 (1987)
 17. Ireland, P.A., Dziedzie, S.Z. and Kearsley, M.W. Saponin content of soya and some commercial soya products by means of High Performance Liquid Chromatography of the sapogenins. *J. Sci. Food Agric.* 37: 694-698 (1986)
 18. Birk, Y. and Peri, I. Saponins (2nd ed). pp. 161-182 Academic, New York, USA (1980)
 19. Carroll, K.K. and Kurowska, E.M. Soy consumption and cholesterol reduction: Review of animal and human studies. *J. Nutr.* 125: 594s-597s (1993)
 20. Wu, R.T., Chiang, H.C., Fu, W.C., Chien, K.Y., Chung, Y.M. and Hong, L.Y. Formosamin C, an immunomodulator with antitumor activity. *Int. J. Immunopharmacol.* 12(7): 777-786 (1990)
 21. Tokuda, H., Konoshima, T., Lozuka, M. and Kimura, T. Inhibition of 12-o-tetradecanoyl phorbol-13-acetate-promoted mouse skin papilloma by saponins. *Oncology* 48: 77-80 (1991)
 22. Wang, H.J. and Murphy, P.A. Isoflavones content in commercial soybean foods. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1666-1673 (1994)
 23. Barnes, S., Kirk, M. and Coward, L. Isoflavones and their conjugates in soy foods: Extraction conditions and analysis by HPLC-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 42: 2466-2474 (1994)
 24. AOAC Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (1995)
 25. Pharmaceutical Society of Japan, Standard methods of analysis for hygienic chemists (1995)
 26. Black, L.T. and Bagley, E.B. Determination of oligosaccharides in soybeans by HPLC using an internal standard. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55: 228-232 (1978)
 27. Balazs, P.E., Schmit, P.L. and Szuhaj, B.F. HPLC Separation of Soy Phospholipids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73(3): 193-197 (1996)
 28. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S. A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509 (1957)
 29. Korean Ginseng & Tobacco Research Institute, Methods of Ginseng component analysis, Jeil Publishing corp., Korea (1991)
 30. Ikeda, R., Ohta, N. and Watanabe, T. Changes of isoflavones at various stages of fermentation in defatted soybean. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 42(5): 322-327 (1995)
 31. Xia, X., Hwei-Ju, W., Murphy, P.A., Cook, L., Hendrich, S. Daidzein is a more bioavailable soymilk isoflavone than is genistein in adult women. *J. Nutr.* 124(6): 825-832 (1994)
 32. Setchell, K.D.R. Phytoestrogens: the biochemistry, physiology and implications for human health of soy isoflavones. *Am. J. Clin. Nutr.* 68: 1333s-1343s (1998)
 33. Cassidy, A., Bingham, S., Setchell, K.D.R. Biological effects of isoflavones in young women: importance of the chemical composition of soyabean products. *British Journal of Nutrition* 74(4): 587-601 (1995)
 34. Hirou, K. Food applications of soy oligosaccharides. *New Food Industry* 31(6): 33-38 (1989)
 35. Szuhaj, B.F. and List, G.R. Lecithin, pp. 12-13 American Oil Chemist's Society, USA (1985)
 36. Charalambous, G. and Doxastakis, G. Food Emulsifiers: Chemistry, Technology, Functional Properties and Applications. pp. 417-419, Elsevier, New York, USA (1989)
 37. Shiraiwa, M., Harada, K. and Okubo, K. Composition and content of saponins in soybean seed according to variety, cultivation year and maturity. *Agric. Biol. Chem.* 55(2): 323-331 (1991)
 38. Kitagawa, I., Yoshikawa, M., Hayashi, T. and Taniyama, T. Quantitative determination of soyasaponins of various origins and soybean products by means of HPLC. *Yakugaku Zasshi* 104(3): 275-279 (1984)
 39. Kim, J.H., Yoshiki, Y. and Okubo, K. Relationships among various types in saponin content of soybean seeds. *Soybean Digest*: 55-61 (1997)
 40. Wardlaw, G.M. and Insel, P.M. Perspectives in Nutrition 2nd ed. Mosby-Year Book, Inc. St. Louis, Missouri, USA (1990)
 41. The Korean Society of Nutrition, Food exchange table (1995)
 42. Wang, H. and Murphy, P.A. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: Effects of variety, crop year and location. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1674-1677 (1994)
 43. Shigemitsu, K., Yvette, F., Dieter, W., Diniele, M., Teiji, U., Keisuke, K. and Kazuyoshi, O. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds. *Agric. Biol. Chem.* 55(9): 2227-2233 (1991)

(2000년 10월 24일 접수)