

콩 및 콩제품 중의 isoflavone 특성

김 성 란

일반작물이용팀

콩의 isoflavone은 항산화, 항암활성 및 에스트로젠 유사활성을 지녀 골다공증, 심혈관질환 예방 등에 효과적이라는 연구결과가 발표되면서 isoflavone 함량 증가가 중요한 과제로 대두되고 있다. 따라서 콩 이용식품인 두유, 두부, 콩나물, 된장 등의 섭취를 늘리는 한편 소비자들이 보다 간편하게 콩의 우수한 생리활성 성분을 섭취할 수 있도록 기호성이 우수한 콩 가공제품을 개발하고 다양한 식품소재로 활용하는 연구가 필요하다. 본 고에서는 고품질 콩 육성 및 콩 가공제품 개발에 활용하고자 국내산 콩과 콩제품에 함유되어 있는 isoflavone의 함량과 조성 및 그 특성을 비교하였으며 일본의 간식용 콩제품 개발 동향을 조사하였다.

1. 서론

콩은 양질의 단백질과 높은 불포화 지방산 비율 등 우수한 영양성분 외에도 다양한 생리활성을 가진 기능성 물질들을 함유하고 있다^{1,2,3}. 특히 그동안 항영양성 인자(antinutritional factor)로 알려졌던 물질들에 오히려 항암성 및 여러 생리적 기능이 있다는 점이 밝혀지면서 콩의 가치는 더욱 커지고 있다. 콩의 대표적인 기능성 물질로 식이성 섬유(dietary fiber), 올리고당(oligosaccharide), isoflavone, phytic acid, trypsin

inhibitor, saponins, 콩 단백질과 그 가수분해물, 식물성 sterol 과 phenol 화합물 등이 보고되었다(표 1). 이중 콩 단백질과 식이성 섬유에 대한 연구는 오래 전부터 진행되어 왔으나 isoflavone, phytic acid 및 saponin 등은 최근 항암성과 관련하여 주목을 받고 있다^{4,5,6,7}. 최근에는 콩을 '신데렐라 작물'로 지칭할 만큼 콩의 생리활성 및 영양적 요소에 관한 관심이 높다. 생리활성 배당체, isoflavone의 기능성으로 인하여 콩은 항암 및 항산화에 효과가 크다는 사실이 밝혀지고 있으므로

표 1. 콩 함유 기능성 성분의 함량 및 기능

성분	개략적 함량	기능성 성분으로서의 역할	기타역할
콩 단백질과 콩 단백질 가수 분해 Peptide	40% 내외	혈중 콜레스테롤 농도 감소, 분변 Steroid 배설 촉진	영양원
콩 올리고당 Stachyose, Raffinose	4-8%, 1-2%	장내 유용균총의 번식 촉진	감미원 Flatulence factor
식이섬유	20% 내외	콜레스테롤 배설 촉진, 장기능에 대한 생리효과, 식후 혈당상승과 인슐린 분비억제	Zn 등 무기질 흡 수저해
인지질	1-3%	생체막 성분, 뇌기능의 향상과 노인성 치매 방지, 혈중 콜레스테롤 축적 방지	
Saponin	0.5-0.6%	생체내 과산화지질 생성 억제, AIDS 바이러스 감염 저해 작용	기포성
Isoflavone	0.05-0.7%	estrogen 활성, 항암(protein tyrosine kinase와 DNA topoisomerase II의 작용방해로 암세포 증식	황색소
Phytic acid	0.3-0.5%	항암 (유리 Ca 농도 조절로 암세포 증식억제)	무기질 흡수저해
Bowman-Birk Protease Inhibitor	200-800mg%	항종양 작용	트립신 효소작용 저해
Phytosterol and Phenolics		항암 가능성	

콩이 가진 우수한 생리 활성에 초점을 맞추고 기능성, 영양성 및 편의성이 높은 가공식품 생산기술의 개발, 특수영양식품의 개발 등 콩에 대한 다양한 각도의 연구가 필요하다.

2. 콩 isoflavone의 종류 및 기능

콩의 생리활성 배당체, isoflavone은 콩과 콩제

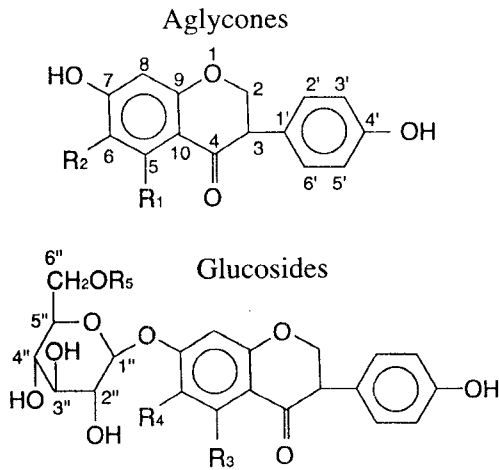
품의 씹쓸하고 비린 좋지않은 뒷맛에 관여하는 성분으로 그동안 이를 제거하기 위한 노력이 시도되어 왔으나 생리활성에 관한 연구결과가 발표되면서 isoflavone 함량 증가가 중요한 과제로 대두되었다. Isoflavone은 chalcon isomerase가 존재하는 콩, chickpea, 크로바 잎, 알팔파 등에 존재한다. 콩에 들어있는 주요 isoflavone인 daidzin, genistin과 이들의 aglycones은 Walter(1941)에

의하여 처음 분리되었으며⁸⁾ Naim 등(1973)은 세 번째 종류인 glycitein을 분리하였다⁹⁾. 그의 Ohta 등(1980)이 6"-O-acetyldaidzin과 6"-O-acetylgenistin을 분리하였고 6"-O-acetylglycitin은 Kudou 등(1991)에 의하여 분리, 동정되었다^{10,11,12)}.

최근 6"-O-malonylgenistin, 6"-O-malonyldaidzin과 6"-O-malonylglycitin이 분리되었는데 이들은 열에 불안정하여 쉽게 배당체로 전환되지만 콩에 들어있는 isoflavone은 주로 malonyl 유도체 형태인 것으로 확인되었다¹³⁾. 현재까지 콩의 isoflavone은 12종이 존재하는 것으로 보고되

었다(그림 1). 최근 콩 발효식품 등에서 수산기로 치환된 새로운 isoflavone을 발견해 내려는 분석들이 시도되어지고 있다^{14,15)}.

Isoflavone의 기능중 대표적인 것이 항암효과로 genistein은 암세포의 증식에 관여하는 효소인 protein tyrosin kinase와 DNA topoisomerase II의 작용을 저해하는 것으로 밝혀져 전립선암 억제 등 발암억제 가능성이 여러 측면에서 보고되었다¹⁸⁾. 또한 estrogen receptor와 약하게 결합하여 estrgen 활성을 필요로 하는 유방암 세포의 발생을 억제한다고 한다^{19,20)}. Daidzein은 뼈의 재흡수를 억제하고 genistein이 약한 estrogen 활성을 발휘하여, 노인과 여성의 골다공증 방지에도 효과적이라는 연구가 발표되었으며, 또한 항산화효과와 심혈관 질환 및 신부전에서의 genistein의 효용성도 검토되고 있다^{21,22)}. 한편 isoflavone은 콩 뿌리의 질소고정을 촉진하고, phytoalexin의 전구물질로 작용하여 작물의 내병성 증진에 기여할수 있다는 결과도 발표되었다^{23,24)}.



R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Compounds
H	H				daidzein
OH	H				genistein
H	OCH ₃				glycitein
		H	H	H	daidzin
		CH	H	H	genistin
		H	OCH ₃	H	glycitin
		H	H	COCH ₃	6"-O-acetyldaidzin
		OH	H	CCCH ₃	6"-O-acetylgenistin
		H	OCH ₃	COCH ₃	6"-O-acetylglycitin
		H	H	COCH ₂ .COOH	6"-O-malonyldaidzin
		OH	H	COCH ₂ .COOH	6"-O-malonylgenistin
		H	OCH ₃	COCH ₂ .COOH	6"-O-malonylglycitin

그림 1. 콩에 존재하는 isoflavone의 종류 및 구조

3. 콩의 isoflavone 함량과 특성

콩에 존재하는 isoflavone의 함량은 품종 및 환경에 따라 다양하게 나타나며 100~300 mg% 정도 함유되어 있다고 보고되었다. Eldridge와 Kwolek³³⁾은 몇 품종의 콩 isoflavone 함량을 분석한 결과, 품종간에 116~309mg/g의 함량차이를 보였으며 같은 품종이라도 재배지역에 따라 46~195mg/g의 함량변이를 나타내었다고 보고한 바 있다. 표 2는 국내산 대두 중 장류 및 두부콩(황금콩, 진품콩), 콩나물콩(단엽콩, 은하콩), 대립검정콩(검정콩1호), 소립검정콩(다원콩)과 isoflavone 함량이 높다고 보고된 신파달콩 2호와 쥐눈이콩을 선정하여 isoflavone 함량을 정량한 결과이다. 신파달콩 2호의 함량이 2398.9µg/g으로 가장 높았으며 단엽콩과 쥐눈이콩 순이었다. 콩 종실을 배축(hypocotyl), 자엽(cotyledon) 및 종피로 나누어 isoflavone 함량을 분석한 결과, 배축에서의 함량

isoflavone 함량을 분석한 결과, 배축에서의 함량이 자엽보다 높았으며 isoflavone 함량이 낮은 콩일수록 배축과 자엽의 함량차이가 컸다. 콩 품종간 isoflavone 함량 차이는 주로 자엽 내 isoflavone 함량에 크게 좌우되는 것으로 나타났으며 glycitein은 배축에서만 검출되었다. 배축과 자엽

에 존재하는 isoflavone은 다른 기작 및 다른 유전 요인에 의하여 축적될 것이라는 보고²⁶⁾와 같이, 배축의 경우 자엽보다 환경의 영향을 적게 받으면서 고농도로 isoflavone을 축적하는 기작이 존재하리라 판단된다. 국내산 콩 품종을 대상으로 한 isoflavone 함량은 최 등²⁷⁾ 과 김^{28,29)} 등에 의해 보

표 2. 국내산 콩의 종실, 배축, 자엽 내 Isoflavone 함량($\mu\text{g/g}$)과 조성

품 종	종 실				배 축				자 엽			
	Daidzein	Genistein	Glycitein	Total	Daidzein	Genistein	Glycitein	Total	Daidzein	Genistein	Glycitein	Total
황금콩	158.7	390.1	67.4	616.1	4313.5	1311.3	3974.2	9599.0	182.4	531.8	0	714.2
진품콩	507.8	652.9	111.1	1271.9	3964.6	1574.2	11382.4	16921.2	456.0	566.4	0	1022.4
신팔달콩 2호	834.6	1278.5	285.8	2398.9	3619.0	1269.7	8858.9	13747.6	894.3	1498.8	0	2393.1
단엽콩	720.8	854.7	204.0	1779.5	333.9.9	1416.9	9988.6	14745.4	679.2	782.7	0	1461.9
은하콩	408.8	599.1	258.9	1266.0	2418.9	1472.1	8339.6	12230.6	609.0	790.9	0	1399.9
검정콩 1호	213.2	336.6	78.6	628.4	5246.0	859.9	6776.6	12882.5	163.8	377.5	0	541.3
다원콩	98.5	216.6	56.8	371.9	2334.7	1316.2	2469.3	6120.1	74.5	300.7	0	375.2
쥐눈이콩	614.9	854.5	186.2	1655.6	4595.6	1208.1	4003.9	9807.6	523.8	1038.7	0	1562.51

표 3. 국내산 콩 품종의 재배지역, 종실특성 및 종피색에 따른 isoflavone 함량 분포²⁸⁾

Isoflavone 함량 ($\mu\text{g/g}$)						계	
	<1000	1000- 2000	2000- 3000	3000- 4000	>4000		
품종 시료	9	20	22	15	3	69	
재배지역	수원	6	18	15		39	
	철원	3	2	7	15	3	30
종피색	황색	6	11	17	15	3	52
	녹색		1	2			3
	흑색	1	7	4			12
	갈색	2					2
백립중(g)	< 13	1	7	3		11	
	13-25		7	7		14	
	26-35	3	5			8	
	>36	1	5			6	
배축비율(%)	< 2	3	5	5		13	
	2-3	3	11	7		21	
	>3	2	3			5	

였으며, 함량과 조성이 품종 및 재배환경에 따라 큰 차이가 있다고 보고하였다. Kitamura²⁵⁾ 등과 Tsukamoto²⁶⁾ 등은 파종시기 및 재배지역을 달리 하여 콩을 재배할 경우 성숙시기가 고온인 조건이 isoflavone 함량을 떨어뜨리며 isoflavone 함량은 유전적인 요소와 환경적인 요소가 관여한다고 보고하였다.

표 3은 69종의 국내산 콩을 대상으로 측정된 isoflavone 함량을 재배지역별 및 종피색, 100립중과 배축비율 등 여러 특성별로 구분한 결과이다. 종피의 색과 isoflavone 함량간의 관련은 명확하지 않았으나 검정콩이면서 자엽이 녹색인 계통들의 함량이 높았고 갈색콩의 함량은 1,000 $\mu\text{g/g}$ 이하로 낮았다. Anlin³⁴⁾ 등은 녹색 종피의 콩들에서 isoflavone 함량이 낮고 갈색과 검정색 종피의 콩은 isoflavone 함량이 높은 편이라 보고하였다. 따라서 종피의 색보다는 유전적인 품종특성이 크게 관여할 것이라 사료되었다. 동일한 품종이라도 재배지역에 따라 함량변이가 컸다. 표 3은 수원 작물시험장과 강원도 철원 특작시험장에서 각각 재배된 품종들의 isoflavone 함량을 나타낸 것이다. 수원 재배콩은 95년 5월 8일 파종하여 성숙기 111~166일, 평균 개화일수 71일, 철원 재배콩은 95년 5월 15일 파종하여 성숙기 106~126일, 평균 개화일수 69일의 생육특성을 보였다³⁵⁾. 평균적으로 철원 재배콩의 isoflavone 함량이 2733.3 $\mu\text{g/g}$ 으로 수원 재배콩의 1678.0 $\mu\text{g/g}$ 보다 현저히 높았으며, 품종별 isoflavone 함량의 순위는 유지하면서 전체적으로 높아지는 양상을 보였다. 장려품종 중 가장 isoflavone 함량이 높은 것으로 나타난 신평달콩 2호의 경우 수원지역에서 재배시 2438.8 $\mu\text{g/g}$ 이었으나 철원에서 재배시에는 4013.8 $\mu\text{g/g}$ 으로 그 함량이 크게 증가하였다. Tsukamoto 등²⁶⁾은 일본 큐슈보다 평균기온이 낮은 쓰쿠바에서 재배된 콩의 isoflavone 함량이 높다고 보고하여 본 실험의 결과와 같았다. 표 2의 100립중과 총 isoflavone 함량간의 관계를 나타낸 것으로 특정한 상관관계는 보이지 않았다. 100립중이 크고 isoflavone 함량

이 낮은 것은 모두 올콩 계통이었으며, 100립중이 크고 isoflavone 함량이 높은 것은 대립 검정콩이고 자엽이 녹색인 유성재래콩, 수원173호, 수원174호와 녹색콩이면서 자엽이 녹색인 장성재래콩이었다. 소립이면서 isoflavone 함량이 높은 품종은 은하콩, 오리알태, 명주나물콩, 이리2호로 나타났다.

최근 미국 국무성의 재정지원으로 미국내 전체 콩제품에 대한 isoflavone 분석을 실시하고 기존에 발표된 30여 논문의 결과를 종합하여 isoflavone의 database를 구축한 유용한 결과가 발표되었으며 인터넷사이트로 제공되었다³⁶⁾. 통일된 data 종합을 위하여 이미 발표된 논문의 배당체 분석치를 분자량비로 환산하여 각 isoflavone의 total aglycone value로 표시하였으며 수분함량 등을 고려하여 콩 및 콩제품의 가식부 100g 당의 isoflavone 함량을 제시하였다. 표 4는 광범위한 database 중 콩에 대한 부분을 취합한 것이다. 브라질산, 한국산, 대만산 콩의 경우 glycitein 분석치가 제공되지 않아 daidzein과 genistein의 합으로 나타나 있으나 국내산 콩의 isoflavone 함량이 높은 편이고 genistein에 대한 daidzein의 비율이 높은 특성이 있었다. Wang과 Murphy³⁹⁾는 미국 콩 품종의 isoflavone 배당체와 그 malonyl 유도체의 비율이 1~3으로 낮은 반면 일본 콩 품종은 4~6으로 높아 isoflavone 분포에 유전적 요소가 크게 관여할 것으로 보고하였다. 국내산 콩 품종의 경우 isoflavone 배당체와 그 malonyl 유도체의 비율은 3~6으로 일본산과 유사하였다고 보고되었다. Malonyl화는 극성, 친수성을 증가시켜 액포(vacuole)로 flavonoid 배당체들의 이동을 촉진하는 효과가 있다³⁹⁾.

4. 콩제품의 isoflavone 함량과 특성

콩을 이용한 식품에 함유되어 있는 isoflavone의 함량은 여러 연구자들에 의하여 보고되었고 가공조건에 따른 함량변화에 대한 연구도 다수 발표

표 4. 대두 및 식품 중의 isoflavone 함량에 대한 USDA-Iowa State University Database -1999 (단위 = mg/가식부100g, #S = 평균값 산출 데이터 수)³⁶⁾

		평균 ± 편차	#S	최소치	최대치	참고문헌
대두 Brazil, raw	Daidzein	20.16± 3.03	6	9.89	30.48	37
	Genistein	67.47±13.40	6	28.28	110.98	37
	Total Isofl.	87.63±14.51	6	42.54	141.46	37
대두 Japan, raw	Daidzein	34.52±11.49	7	13.40	100.65	38, 39
	Genistein	64.78±13.04	8	13.00	138.24	38, 39
	Glycitein	13.78± 1.64	6	9.10	20.40	39
	Total Isofl.	118.51±22.16	7	68.80	238.89	38, 39
대두 Korea, raw	Daidzein	72.68± 6.12	18	21.00	124.20	27
	Genistein	72.31± 5.71	18	24.80	110.70	27
	Total Isofl.	144.99±10.73	18	45.80	231.70	27
대두 Taiwan, raw	Daidzein	28.21	1	28.21	28.21	38
	Genistein	31.54	1	31.54	31.54	38
	Total Isofl.	59.75	1	59.75	59.75	38
대두, mature seeds, raw(US, food quality)	Daidzein	46.64± 5.42	22	9.88	91.30	40, 41, 38,42 43, 30, 39
	Genistein	73.76± 6.80	22	20.67	134.10	40, 41, 38,42 43, 30, 39
	Glycitein	10.88± 0.74	16	4.80	16.70	41, 43, 30,39
	Total Isofl.	128.35±11.66	22	36.20	220.90	40, 41, 38,42 43, 30, 39
대두, mature seeds, raw (US, commodity grade)	Daidzein	52.20± 5.30	14	20.74	79.23	44, 38, 45,39
	Genistein	91.71± 9.26	14	42.79	150.10	44, 38, 45,39
	Glycitein	12.07± 1.41	11	4.22	18.14	44, 39
	Total Isofl.	153.40±14.80	14	71.93	237.00	44, 38, 45,39

되고 있다^{6, 30, 31, 32)}. 콩제품의 종류와 가공공정에 따라 isoflavone 함량은 큰 차이가 있으며 roasting 등 건열처리시 acetyl화 된 형태가 우세하고 발효식품은 발효과정에서 당이 분해되어 aglycone 형태가 대부분인 것으로 보고되었다.

다음은 국내에서 주로 소비되고 있는 시판 콩 가공제품에 함유되어 있는 isoflavone의 함량과 특성을 측정된 결과로서 비발효식품으로는 두유, 두부, 콩나물을 분석하였으며 발효식품으로는 된장, 고추장, 간장, 막장과 매주 등을 분석하였다.

4.1 두유

두유의 isoflavone 함량은 표 5와 같다. 제조회사와 두유액(고형분7%내외)의 함유율에 따라 차이가 있었으나 65~124 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 범위였으며 두유액 함유율이 낮은 두유, 과즙 혼합음료(두유F, 두유G)의 경우 28.8과 26.8 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 였다. 대부분의 isoflavone이 배당체의 형태로 존재하여 aglycone의 함량은 1~5% 내외로 낮았다. 두유의

isoflavone 함량은 주로 건조 후 건물 중량으로 보고되었는데 221.1 $\mu\text{g}/\text{g}$ ⁵¹⁾, 648~1072 $\mu\text{g}/\text{g}$ ³⁰⁾, 3256 $\mu\text{g}/\text{g}$ ⁶⁾으로 제조공정 및 원료에 의한 차이가 컸으며 최 등³¹⁾도 국내 시판 두유 9종의 isoflavone 함량을 분석하고 477~1,164 $\mu\text{g}/\text{g}$ 을 보고하였다.

4.2 두부

두부의 isoflavone 함량은 표 6과 같다. 시판 두부는 건물량을 기준으로 0.1%내외의 isoflavone 함량을 보였으며 이중 14~21%가 aglycone 형태로 존재하였다. 최 등³¹⁾도 두부에 건물량으로 622~1,692 mg/kg 의 isoflavone이 포함되어 있다고 보고하고 응고제 첨가 후 압착을 하지 않는 시판 순두부와 연두부에서는 일반두부보다 isoflavone 함량이 높았다고 보고하였다.

두부의 제조공정에 따른 isoflavone의 mass balance를 시험한 결과는 표 7과 같다. 첫단계인 두유 제조시에는 isoflavone의 손실이 크지 않으나 응고 후 압착시 상당량이 순물 중으로 용출되는 것

표 5. 시판 두유 제품의 Isoflavone 함량($\mu\text{g}/\text{ml}$)

	총 Isoflavone				Aglycone형 Isoflavone				Aglycone /Glucoside
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	
두유 A (두유액 78.78%)	35.1	0.2	59.0	94.3	0.4	0	0.7	1.1	0.012
두유 B (두유액 60.91%)	28.9	1.8	34.7	65.4	0.5	0	0.9	1.4	0.021
두유 C (두유액 95.18%)	48.8	3.7	71.5	124.0	0.6	0	1.0	1.6	0.013
두유 D (두유액 93.30%)	44.7	4.0	15.0	63.7	0.1	0	0.2	0.3	0.005
두유 E (두유액 94.50%)	45.5	8.5	35.4	89.4	0.6	0.1	0.8	1.5	0.017
두유 F (두유액 28.58%)	20.9	0.9	7.0	28.8	0.05	0	0.2	0.2	0.007
두유 G (두유액 21.00%)	19.1	2.4	5.3	26.8	0.4	0.07	1.1	1.5	0.056

응고 후 압착시 상당량이 순물 중으로 용출되는 것으로 나타났다. 두부제조용 두유의 고형분 함량은 7%내외인데 생추출법으로 먼저 여과후 가열한 두유가 가열추출법에 의해 제조한 두유보다

만이 두부에 존재하였으며, 순물로 30.6%, 비지로 19.6%가 소실되는 것으로 나타났다. 냉추출법의 경우 최초 시작 대두에 함유된 총 isoflavone의 50.7%가 두부에 존재하였으며, 순물로 31.6%,

표 6. 시판 두부제품 중의 Isoflavone 함량($\mu\text{g/g}$, d. b.)

	총 Isoflavone				Aglycone형 Isoflavone				Aglycone /Glucoside
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	
두부 A	399.8	166.8	698.8	1265.4	96.7	21.8	137.7	256.2	0.2
두부 B	501.4	161.2	910.1	1572.7	106.3	17.3	170.0	293.6	0.2
두부 C	344.0	149.1	636.2	1129.3	54.4	18.5	91.0	163.9	0.1

표 7. 두부 제조방법과 공정에 따른 단계별 isoflavone 함량 변화(200g 대두 기준 mass balance)

단 계	가열추출법 ¹⁾			생추출법 ²⁾			전대두(whole soybean) 두부		
	Yield	Isofl ³⁾	Retention	Yield	Isofl.	Retention	Yield	Isofl.	Retention
대두	200g	274.8	100	200g	274.8	100	200g	293.9	100
침지수	1700ml	1.4	0.5	1700ml	1.4	0.5			
콩즙(두유)	1700ml	239.4	87.1	1700ml	261.5	95.2	1340ml	293.0	99.7
비지	311.4g	53.9	19.6	243.8g	40.0	14.6			
순물	900ml	84.1	30.6	850ml	86.8	31.6	240ml	33.0	11.2
두부	378.2g	102.9	37.4	480.0g	139.3	50.7	810.0g	237.3	80.7

1)가열추출법: 전통방법, 두유를 가열한 후 여과

2)생추출법: 두유를 먼저 여과한 후 가열

3)총 isoflavone 함량 (mg/soybean 200g, wet basis)

isoflavone 손실이 적었다. 또한 두유를 황산칼슘으로 응고시킨 후 비지, 순물, 두부에서의 isoflavone 함량을 비교한 결과 가열추출법의 경우 최초 시작 대두에 함유된 총 isoflavone의 37.4%

비지로 14.6%가 소실되는 것으로 나타났다. Isoflavone의 이용 효율을 높이기 위해서는 특히 순물로 소실되는 양을 줄일 수 있는 방법이 필요한 것으로 나타났다. 주요 콩 급원식품의 하나인 두부

와 순두부로의 이용 뿐만 아니라 비지가 발생하지 않고 응고 후 순물로의 손실이 적은 방법으로 전체 대두분을 이용하도록 두부(whole soybean Tofu)를 개발하는 것이 필요하였다. 따라서 325mesh를 통과하도록 미세하게 분쇄시킨 생대두 미분말을 전 대두 두부로 개발하여 isoflavone의 변화를 분석한 결과 전두부에는 최초 시작 대두분에 함유된 총 isoflavone의 80.74%에 해당하는 isoflavone이 존재하였으며, 순물의 양도 적고 총 11.23%만이 소실되는 것으로 나타났다. Wang과 Murphy⁴³⁾도 두부제조과정 중 응고후 압착에 의해 순물이 분리될 때 수용성인 isoflavone의 손실이 일어난다고 보고하였다. 따라서 비지가 발생하지 않고 순물의 분리량이 적은 콩 전체를 이용하는 전두부 방법이 isoflavone 이용에 효과적인 것으로 나타났다.

4.3 콩나물

콩나물의 isoflavone의 조성과 콩나물 부위내에서의 분포는 발아시간에 따라 차이가 있다. 일반적으로 7일 발아시킨 후 시판되며 콩나물의 isoflavone 함량은 표 8과 같이 건물기준으로 419.3~2035.1 $\mu\text{g/g}$ 범위로서 편차가 매우 컸다

7일간 재배한 단엽콩 콩나물의 부위별 isoflavone 함량 및 분포는 김 등²⁸⁾에 의하여 보고되었는데 콩 종실의 배축에는 다량의 isoflavone이 집적되어 있었으나 발아시 대부분이 사용되거나 소

실된 것으로 보이며 일부 잔뿌리로 이동하였고 특히 잔뿌리에 daidzein이 집적되는 결과를 나타내었다. 콩나물 자엽의 isoflavone은 genistin 계열이 우세하였다. 건물중으로 총 isoflavone 함량을 비교하면 발아로 인하여 단엽콩 0.25에서 0.39%, 준저리 0.11에서 0.23%로 isoflavone 함량이 증가하였으며, 정⁵²⁾도 발아로 인하여 콩나물 1개체당 isoflavone함량이 증가한다고 보고하였다.

4.4 콩 발효식품

콩 발효식품으로 된장, 고추장, 간장 및 막장을 분석한 결과는 표 9와 같다. 발효식품 제조시의 대두 비율이 높은 된장, 막장에서 isoflavone함량이 높았다. 간장은 1 μg 단위 이하의 미량을 함유하는 것으로 나타났으며 고추장에서도 제품별 대두 비율이 높은 제품을 제외하고는 1 μg 단위 이하의 미량을 함유하는 것으로 나타났다. 발효식품의 경우 발효 과정에서 대부분의 배당체가 가수분해된 aglycone 형태로 존재하였다. 최근 isoflavone 배당체보다 aglycone형태가 흡수 및 생체 이용성이 더 높다는 결과들이 보고되고 있으며⁴⁹⁾ 콩 발효식품 등에서 새로운 isoflavone을 발견해 내려는 분석들이 시도되어지고 있는 것^{14,15)}과 관련하여 된장 등 발효식품은 isoflavone의 우수한 급원이라고 할 수 있다.

한편 백태로 제조한 매주에서는 원료콩의 85%이상의 isoflavone이 함유되어 있었으며 원료콩과의

표 8. 시판 콩나물 제품 중의 Isoflavone 함량($\mu\text{g/g}$, d. b.)

	총 Isoflavone				Aglycone형 Isoflavone				Aglycone /Glucoside
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	
콩나물 A	223.5	31.0	410.3	664.8	37.4	9.7	17.7	64.8	0.1
콩나물 B	196.9	43.9	280.6	521.3	61.5	nd	24.8	86.3	0.2
콩나물 C	281.3	68.6	426.0	775.9	66.9	25.6	20.3	112.8	0.1
콩나물 D	141.4	25.4	252.5	419.3	26.3	2.2	12.0	40.5	0.1
콩나물 E	867.6	77.6	1090.0	2035.1	37.4	9.7	17.7	64.8	0.03

표 9. 대두 발효제품 중의 Isoflavone 함량($\mu\text{g/g}$, d. b.)

	총 Isoflavone				Aglycone형 Isoflavone				Aglycone /Glucoside
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	Daidzein	Glycitein	Genistein	Sum	
된장 A (대두 36.38%)	187.8	65.2	283.4	536.4	151.1	49.0	269.3	469.4	0.9
된장 B (대두 48.97%)	194.1	83.9	234.1	512.1	168.2	91.0	218.2	477.5	0.9
된장 C (대두 17.48%)	225.5	81.8	335.9	643.2	94.5	62.3	168.9	325.7	0.5
된장 D (대두 28.30%)	194.6	47.9	262.1	504.6	149.7	29.9	226.7	406.2	0.8
된장 D (대두 31.00%)	347.0	115.0	484.1	946.1	382.5	139.7	569.4	1091.7	1.1
된장 E (대두 50.00%)	355.1	98.7	390.9	844.7	303.0	87.2	381.6	771.8	0.9
된장 G (대두 50.00%)	488.6	125.9	620.7	1235.2	460.2	125.4	653.1	1238.6	1.0
고추장 A	6.1	1.0	7.6	14.7	6.0	3.7	19.1	28.8	1.9
고추장 B (대두 5.09%)	18.6	1.9	25.0	45.5	13.8	9.4	25.2	48.4	1.0
고추장 C	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
고추장 D	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
고추장 E	3.1	1.8	5.2	10.1	nd	3.4	2.5	5.9	0.6
고추장 F (대두 40%)	42.7	7.2	38.6	88.5	17.6	5.4	22.3	45.3	0.5
막장 A	313.3	80.3	368.5	762.1	358.1	93.0	513.2	964.2	1.2
막장 B	288.5	86.2	366.9	741.6	317.4	97.9	431.7	847.0	1.1

차이는 메주에는 상당량이 aglycone 형태로 전환되어 존재한다는 점이였다. 특히 곰팡이 번식이 심한 메주의 부위일수록 aglycone 비율이 높았다. 쥐눈이 콩으로 제조한 메주의 경우도 곰팡이 번식이 많은 부위에서 aglycone 비율이 증가하여 미생물 유래의 효소가 메주 isoflavone의 당 가수분해에 작용하는 것으로 유추되었다.

콩 발효식품인 된장, 미소, 낫또, 텃페에 대하여 가식부 100g 당의 isoflavone 함량을 제시한 database³⁶⁾를 비교하면 표 10과 같다. 표 10에 의

하면 된장의 명칭이 아닌 soy paste로 보고된 것이 유감이었으며 국내에서도 우리 고유의 콩 발효 식품의 우수성을 알리는 연구를 발표하고 발효과정 중 생리활성 성분의 변화, 생성 등을 검토하는 연구가 필요하다고 생각된다.

5. 간식용 콩제품 개발동향

콩 및 콩제품을 대상으로 구축된 미국의 database는 치즈와 버터(soy cheese, soy

표 10. 대두식품 중의 isoflavone 함량에 대한 USDA-Iowa State University Database -1999 (단위 = mg/가식부 100g, #S = 평균값 산출 데이터 수)³⁶⁾

		평균 ± 편차	#S	최소치	최대치	참고문헌
된장 Soy paste	Daidzein	15.03±3.79	6	3.00	27.20	6, 45, 30
	Genistein	15.21±4.87	6	0.31	29.98	6, 45, 30
	Glycitein	7.70	1	7.70	7.70	30
	Total Isofl.	31.52±9.26	6	3.31	59.40	6, 45, 30
미소 Miso	Daidzein	16.13±4.36	7	7.10	36.64	6, 46, 47, 30
	Genistein	24.56±4.23	9	11.70	52.39	6, 48, 46, 47, 30
	Glycitein	2.87±0.47	3	2.30	3.80	47, 30
	Total Isofl.	42.55±9.18	7	22.70	89.20	6, 46, 47, 30
나토 Natto	Daidzein	21.85±2.69	5	16.02	31.46	47
	Genistein	29.04±3.01	7	21.52	42.53	48, 47
	Glycitein	8.17±1.21	5	6.89	13.01	47
	Total Isofl.	58.93±7.38	5	46.40	86.99	47
템페 Tempeh	Daidzein	17.59±3.13	6	4.67	27.30	6, 49, 47, 50 30, 43
	Genistein	24.85±5.47	6	1.11	39.77	6, 49, 47, 50 30, 43
	Glycitein	2.10±0.67	3	0.90	3.20	47, 43, 30
	Total Isofl.	43.52±8.34	6	6.88	62.50	6, 49, 47, 50 30, 43

butter), 국수(soy noodle), 스낵(soynut, soybean chips, soy flakes, soy bar), 템페버거(Tempeh burger), 다양한 유아식(infant formula) 등 여러 콩제품이 수록되어 있었다³⁶⁾. 그러나 식품으로서 콩의 소비가 높은 국내에서는 일부 품목만이 상업화 되고 있음을 감안할 때, 간식용 콩제품의 개발 및 다양한 식품소재로 활용하

는 연구가 필요하다.

일본의 경우 대두 배축에 isoflavone이 많은 것을 이용한 두아차(豆芽茶), 흑두차 등이 판매되고 있다. 또한 증숙한 대두를 설탕, 식염, 산미료로 된 조미액에 달여서 레포트트 파우치로 유통되는 제품이 인기를 끌고 있었는데, 대두만으로 된 제품 외에 버섯, 곤약, 당근 등과 혼합한 제품 등 다양



그림 2. 일본에서 판매 중인 콩 가공제품과 단파지역 특산물 판매점의 단파흑대두 가공품

한 파우치 제품들이 판매되고 있다. 스낵형 제품들도 땅콩보다는 대두 스낵들의 선호가 높아 콩 위에 깨, 김 등을 전분 베이스와 코팅한 스낵, 엮이나 당을 코팅한 스낵 등이 스낵코너를 선점하고 있다. 국내에서는 낫설은 건포도 식감의 스낵콩, 커피와 콩으로 된 푸딩, 콩이 통채로 들어있는 사탕, 콩양갱, 흑두 아이스크림 등 다양하고 우수한 콩제품들이 일본에서는 활발히 개발되어 판매되고 있다. 그림. 2는 이들 제품의 일부를 소개한 것이다.

이들 제품에 사용된 대두는 일본 효고현 단파(丹波)지역의 특산인 단파흑대두로서 증숙제품과 스낵으로서의 가공적성이 매우 우수한 대립 검정콩이었다. 국내의 검정콩은 백립종이 35g 이내이고 증숙이나 팽화 등 가공시 껍질이 쉽게 벗겨지는 반면 단파흑대두는 백립종이 70~80g으로 매우 크고 소량의 전분을 함유하여 식감이 우수하며 가공시 껍질이 잘 벗겨지지 않는 장점이 있다.

공급량으로부터 추산한 우리나라 국민 1인당 콩 섭취량은 약 25g/일이며 여기에는 약 50mg의 isoflavone이 함유되어 있다고 볼 수 있다. 가공하여 섭취되므로 가공중 손실률을 고려하면 우리나라 국민이 섭취하는 isoflavone의 양은 30mg 정도로 추정된다. 이는 생리활성을 나타내리라고 예상되는 혈중 isoflavone농도인 5~10 μ M에 도달하기에 다소 적은 양이므로, 개인별로 적어도 우리나라 국민의 평균 콩섭취수준 이상은 유지해야 콩으로부터 오는 유익한 효과를 기대할 수 있을 것이다. 권 등은⁷⁾ 전통적인 조리법을 통해 섭취할 수 있는 콩의 양은 포화수준에 있으며 국내 콩 섭취수준을 증가시키기 위해서 추가적인 콩의 섭취가 필요하다면 새로운 콩 이용법과 식품개발 등 다른 방법이 필요하다고 하였다. 대두너트류, 스낵 등 간식용 콩제품의 개발은 식사와 별도로 훌륭한 isoflavone 공급원이 될 수 있을 것이다.

6. 결론

생리활성 배당체, isoflavone의 기능성으로 인

하여 콩은 항암 및 항산화에 효과가 크다는 사실이 밝혀지고 있으므로 콩이 가진 우수한 생리 활성에 초점을 맞추고 기능성, 영양성 및 편의성이 높은 가공식품 생산기술의 개발, 특수영양식품의 개발 등 콩에 대한 다양한 각도의 연구가 필요하다. 이는 국내 대두관련 산업의 발전 뿐 아니라 국내산 대두의 새로운 수요를 창출하여 농가 소득 증대 및 식용 콩 생산면적 확대를 유도할 수 있을 것이다. 물론 가격경쟁력이 떨어지는 국산콩의 우위를 확보하기 위하여 다양한 콩 가공제품에 알맞는 고품질 콩, 특수콩 품종의 특성 규명 및 육성이 뒷받침되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. Messina, M., Persky, V., Setchell, K. D. R., and Branes, S. : Soy intake and cancer risk : A review of the *in vitro* and *in vivo* data. *Nutr. Cancer* 21(1):113-131(1994)
2. Hendrich, S. K., Lee, W. Xu, X., Wang, H. J., and Murphy, P. A. : Defining food components as new nutrient. *J. Nutr.*, 124:1789S-1792S(1994)
3. Messina, M. : Modern applications for an ancient bean:soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. *J. Nutr.* 125:567S-569S(1995)
4. Sung, M. K. The biological activity of soybean saponins and its implications in colon carcinogenesis. Ph. D. thesis. University of Toronto. 1994
5. Anderson, R. L. and Wolf, W. J. : Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J. Nutr.*, 125:581S-588S

- (1995)
6. Coward, L., Barnes, N. C., Setchell, K. D. R., and Barnes, S. : Genistein, daidzein and their β -glucoside conjugates: Antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. *J. Agric. Food Chem.*, 31:394-396 (1993)
 7. Kwoon, T. W., Song, Y. S., Kim, J. S., Moon, G. S., Kim, J. I., and Hong, J. H. : Current research on the bioactive functions of soyfoods in Korea. *Korea Soybean Digest*, 15(2):1-12 (1998)
 8. Walter, E. D. : Genistein(an isoflavone glucoside) and its aglycon, genistein, from soya beans. *J. Am. Chem. Soc.*, 63:3273-3275 (1941)
 9. Naim, M., Gestetner, B., Kirson, I., Birk, Y., and Bondi, A. : A new isoflavone from soya beans. *Phytochem.*, 12:169-170 (1973)
 10. Ohta, N., Kuwata, G., Akahori, H., and Watanabe, T. : Isolation of a new isoflavone acetyl glucoside, 6''-O-acetylgenistin, from soybeans. *Agric. Biol. Chem.*, 44(2):469-470 (1980)
 11. Ohta, N., Kuwata, G., Akihori, H., and Watanabe, T. : Isoflavone constituents of soybeans and isolation of a new acetyl daidzin. *Agric. Biol. Chem.*, 47(3):1415-1419 (1979)
 12. Kudou, S., Shimoyamada, M., Imura, T., Uchida, T., and Okubo, K. : A new isoflavone glycoside in soybean seeds (*Glycine max* Merrill), glycitein 7-O- β -D-(6''-O-acetyl)-glucopyranoside. *Agric. Biol. Chem.*, 55:859-861 (1991)
 13. Kudou, S., Fleury, Y., Welti, D., Magnolato, D., Uchida, T., and Kitamura, K. : Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). *Agric. Biol. Chem.*, 55(9):2227-2233 (1991)
 14. Klaus, K., and Brarz, W. : Formation of polyhydroxylated isoflavones from the isoflavones genistein and biochanin a by bacteria isolated from tempe. *Phytochemistry*, 47(6):1045-1048 (1998)
 15. Esaki, H., Onozaki, H., Morimitsu, Y., Kawakishi, S., and Osawa, T. : Potent antioxidative isoflavones isolates from soybeans fermented with *Aspergillus saitoi*. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 62(4):740-746 (1998)
 16. Huang, A. S., Hsieh, O. L., and Chang, S. C. : Characterization of the nonvolatile minor constituents responsible for the objectionable taste of defatted soybean flour. *J. Food Chem.*, 47:19-23 (1981)
 17. Okubo, K., Iijima, M., Kobayashi, Y., Yoshikoshi, M., Uchida, T., and Kudou, S. : Components responsible for the undesirable taste of soybean seeds. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56(1):99-103 (1992)
 18. Akiyama, T. Ishida, J., Nakagawa, S., Ogawa, H., Watanabe, S., Itoh, N., Shibuya, M., and Fugami, Y. : Genistein, a specific inhibitor of tyrosin-specific protein kinase. *J. Biol. Chem.*, 262(12):5592-5595 (1987)
 19. Barnes, S. T., Peterson, G., Grubbs, C., Setchell, K. D. R., and Calson, J. : Soybeans inhibit mammary tumors in models of breast cancer. In: Mutagens and Calcinogens in the Diet(M. D.

- Pariza ed.). Wiley-Liss. New York. pp 239-253 (1990)
20. Peterson, G., and Barnes, S. : Genistein inhibition of the growth of human breast cancer cell: independence from estrogen receptors and the multidrug resistance gene. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 179:661-667 (1991)
 21. Naim, M., Gestetner, B., Bondi, A., and Birk, Y. : Antioxidative and antihemolytic activities of soybean isoflavones. *J. Agric. Food Chem.*, 24(6):1174-1177 (1976)
 22. 김정상. : 콩의 생리활성에 관한 최근 연구동향. *韓國콩研究會誌*, 13(2):17-24 (1996)
 23. Kosslak, R. M., Bookland, R., Barkei, J., Paaren, H. E., and Appelbaum, E. R. : Induction of *Bradyrhizobium japonicum* common *nod* genes by isoflavones isolated from *Glycine max*. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 84:7428-7432 (1987)
 24. Morris, P. F., Savard, M. E., and Ward, E. W. B. : Identification and accumulation of isoflavonoids and isoflavone glucosides in soybean leaves and hypocotyls in resistance responses to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Physiol. Molecular Plant Pathol.*, 39(3):229-244 (1991)
 25. Kitamura, K., Ijita, K., Kikuchi, A., Kudou, S., and Okubo, K. : Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so-called "summer-type soybeans" (*Glycine max* (L) Merrill). *Japan J. Breed.*, 41:651-654 (1991)
 26. Tsukamoto, C., Shimada, S., Ijita, K., Kudou, S., Kokubun, M., Okubo, K., and Kitamura, K. : Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: Changes in isoflavones, saponins and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. *J. Agric. Food Chem.*, 43(5):1184-1192 (1995)
 27. Choi, J., Kwon, T., and Kim, J. : Isoflavone contents in some varieties of soybean. *Foods and Biotechnology*, 5(2):91-93 (1996)
 28. Kim, S. R., and Kim, S. D. : Studies on soybean isoflavones: I. Content and distribution of isoflavones in Korea soybean cultivars. *RDA J. of Agric. Sci.*, 38:155-165 (1996)
 29. Kim, Y. H., and Kim, S. R. : Isoflavone content in Korea soybean cultivars. *Soonchunhyang J. Nat. Sci.*, 3(1):331-337 (1997)
 30. Wang, H. and Murphy, P. A. : Isoflavone content in commercial soybean foods. *J. Agric. Food Chem.*, 42:1674-1677 (1994)
 31. Choi, Y. B., and Sohn, H. S. : Isoflavone content in Korea fermented and unfermented soybean foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30(4):745-750 (1998)
 32. 문보경, 전기숙, 황인경 : 콩의 종류와 가공조건에 따른 isoflavone의 함량변화. *한국조리과학회지*, 12(4):527-524 (1996)
 33. Eldridge, A. C., and Kwolek, W. F. : Soybean isoflavones: Effect of environment and variety on composition. *J. Agric. Food Chem.*, 31:394-396 (1983)
 34. Anlin, D., Junming, S., Ruzheng, C., and Huiru, D. : The preliminary analysis of isoflavone content in

- Chinese cultivars. *Soybean Genetics Newsletter.*, 22:24-31 (1995)
35. 작물시험장. 농업과학기술개발 시험연구보고서(전작편). 69-73 (1995)
36. Haytowiycz, D. B., Beecher, G. R., Bhagwat, S., Holden, J. M., and Murphy, P. A. : Development of a database on the isoflavone content of foods. *IFT Annual Meeting* p106 (1999)
37. Carrao-Panizzi, M., and Kitamura, K. : Isoflavone content in Brazilian soybean cultivars. *Breeding Science*, 45(3) : 295-2474 (1994)
38. Franke, A. A., Custer, L. J., Cerna, C. M., and Narala, K. : Rapid HPLC analysis of dietary phytoestrogens from legumes and from human urine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 208 : 18-26 (1995)
39. Wang, H-J., 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)
40. Fenner, G. P. : Low-temperature treatment of soybean(*Glycine max*) isoflavonoid aglycon extracts improves gas chromatographic resolution. *J. Agric. Food Chem.*, 44(12) : 3727-3729 (1996)
41. Franke, A. A., Custer, L. J., Wang, W., and Shi, C. Y. : HPLC analysis of I isoflavonoids and other phenolic agents from foods and from human fluids. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 217 : 263-273 (1998)
42. Mazur, W. M., Duke, J. A., Wahala, K., Rasku, S., and Adlerecreutz, H. : Isoflavonoids and lignans in legumes: Nutritional and health aspects in human. *Nutritional Biochemistry*, 9 : 193-200 (1998)
43. Wang, H. J., and Murphy, P. A. : Mass balance study of isoflavones during soybean processing. *J. Agric. Food Chem.*, 44(8) : 2377-2383 (1996)
44. Eldridge, A. C. and Kwolek, W. F. : Isolation of 6"-O-Acetyldaidzin from toasted defatted soyflakes. *J. Agric. Food Chem.*, 33 : 385-389 (1985)
45. Wang, C., Ma, Q., Pagadala, S., Sherrad, M. S., and Krishnan, P. G. : Changes of isoflavones during processing of soy protein isolates. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 75(3) : 337-341 (1998)
46. Lu, L. W., Broemeling, L. D., Marshall, M. V., and Ramanujam, S. : A simplified method to quantify isoflavones in commercial soybean diets and human urin after legume consumption. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 4 : 497-503 (1995)
47. Murphy, P. A., Song, T., Buseman, G., Barua, K., Beecher, K., Beecher, G.R., Trainer, D., and Holden, J. : Isoflavones in retail and institutional soy foods. *J. Agric. Food Chem.*, In press.
48. Fukutake, M., Takahashi, M., Ishida, K., Kawamura, H., Sugimura, T., and Wakabayashi, K. : Quantification of genistein and genistin in soybeans and soybean products. *Food and Chemical Toxicology*, 34(5) : 457-461 (1996)
49. Hutchins, A. M., Slavin, J. L., and Lampe, J. W. : Urinary isoflavonoid phytoestrogen and lignan excretion after

- consumption of fermented and unfermented soy products. *J. Am. Diet. Assoc.*, 95 : 545-551 (1995)
50. Nguyenle, T., Wang, E., and Cheung, A. P. : An investigation on the extraction and concentration of isoflavonees in soy-based products. *J Pharma. Biomedical Anal.*, 14 : 221-232 (1995)
51. Wang G., Kuan, S. S., Fransis, O. J., Ware, G. M. and Carman, A. S. : A simplified HPLC method for the determintation of phytoestrogens in soybean and its processed products. *J. Agric. Food Chem.*, 38:185-190 (1990)
52. 정우경 : 나물콩의 품종과 재배기간에 따른 콩나물의 물리화학적 및 관능 특성. 서울대학교대학원 박사학위 논문 (1998)
-