

콩 Isoflavone의 生理活性 機能과 含量 變異

金龍昊* · 金奭東* · 洪殷憲* · 安完植**

Physiological Function of Isoflavones and Their Genetic and Environmental Variations in Soybean

Yong Ho Kim*, Seok Dong Kim*, Eun Hi Hong* and Wan Sik Ahn**

目 次

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. 콩의 영양과 생리활성 기능 | 4. 콩 加工食品의 isoflavone 함량 변이 |
| 2. 콩 isoflavone의 생리활성 기능 | 5. 맺는 말 |
| 3. 콩 isoflavone의 종류와 변이 | 참고문헌 |

ABSTRACT : Soyfoods have potential roles in the prevention and treatment of chronic diseases, most notably cancer, osteoporosis, and heart disease. There is evidence that carcinogenesis are suppressed by isolated soybean derived products *in vivo* such as a protease inhibitor, phytic acid, saponins and isoflavones. It is believed that supplementation of human diets with soybean products markedly reduces human cancer mortality rates. Especially, recent papers recognize the potential benefit of soybean isoflavone components for reducing the risk of various cancers. Isoflavones exhibit a multitude of medicinal effects that influence cell growth and regulation, which may have potential value in the prevention and treatment of cancer. In addition to potential biological effects, soybean isoflavones have the important physiological functions such as the induction of *Bradyrizobium japonicum nod* genes and the responses of soybean tissues to infection by *Phytophthora megasperma* as well as biochemical activities such as antifungal and antibacterial actions.

Genistin, daidzin, glycitin and their aglycone (genistein, daidzein, glycitein) are the principal isoflavones found in soybean. Malonyl and acetyl forms have also been detected but they are thermally unstable and are usually transformed during the processing in glucoside form. Most soy products, with the exception of soy sauce, alcohol-extracted soy protein concentrate, and soy protein isolate, have total isoflavone concentrations similar to those in the whole soybean. Soybean-containing diets inhibit mammary tumorigenesis in animal models of breast cancer, therefore, it is possible that dietary isoflavones are an important factor accounting for the lower incidence and mortality from breast cancer. Of the total soybean seed isoflavones, 80~90

* 作物試驗場 (National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

** 農業科學技術院 (Agricultural Science and Technology Institute, RDA, Suwon 441-100, Korea) <'96. 1. 15 接受>

% were located in cotyledons, with the remainder in the hypocotyls. The hypocotyls had a higher concentrations of isoflavones on a weight basis compared with cotyledons. Isoflavone contents were influenced by genetics, crop years, and growth locations. The effect of crop year had a greater impact on the isoflavone contents than that of location. The climate condition might be the attribution factor to variation in isoflavone contents. Also, while the isoflavone content of cotyledons exhibited large variations in response to high temperature during seed development, hypocotyls showed high concentration in isoflavone content. So, it is concluded that one of the factors affecting isoflavone content in soybean seeds is temperature during seed development. High temperature, especially in maturity stage, causes lower isoflavone content in soybean seed. It is also suggested that there may exist a different mechanism to maintain isoflavone contents between cotyledon and seed hypocotyls. In a conclusion, soy foods may be able to have a significant beneficial impact on public health.

Key words : Soybean, Isoflavone, Medicinal effect, Physiological function, Human diet

콩의 主成分은 蛋白質(40%)과 脂質(20%)이며, 炭水化合物도 상당량 包含되어 있다. 이밖에 콩에는 大部分의 비타민, 특히 비타민 B군이 많이 包含되어 있다. 無機成分에 있어서도 콩과 콩 加工製品에는 칼슘, 인, 마그네슘을 비롯하여 철, 아연, 구리 등이 豊富하게 들어 있어 콩은 예로부터 “밭에서 나는 소고기”로 일컬어져 왔다. 더구나 현재 高所得 국가나 高所得 계층에서는 육식의 과다섭취로 인한 콜레스테롤의 증가로 각종 成人病에 시달리고 있는 것을 감안할 때 植物性 蛋白質源인 콩의 重要性은 그 무엇보다도 크다고 하겠다. 지방질의 경우에도 동물성 脂質은 포화지방으로서 혈중 콜레스테롤 含量을 증가시키는데 반하여, 콩에는 不飽和脂肪酸이 80% 이상 들어 있어 오히려 콜레스테롤을 줄이는 효과를 가져온다. 이밖에 콩 蛋白質의 아미노산 조성도 혈중 콜레스테롤 강하작용을 하는 것으로 밝혀지고 있어^{22,32,52)} 최근에는 콩의 重要性에 관해 콩의 原產地인 아시아권 보다 오히려 美國과 구미 등에서 더 활발하게 論議되고 있다. 뿐만 아니라 콩에는 營養分 外에도 우리 몸의 항상성 維持와 생체리듬에 도움을 주는 生理活性 物質이 풍부하게 들어 있는데, 纖維素, 올리고당, 레시틴, 사포닌 및 isoflavone 등이 그 예로서 이들은 콜레스테롤 제거, 항암작용, 변비방지, 치매방지, 뇌기능 向上 등에 효과가 있는 것으로 보고^{22,30,32,37,51,52)} 되어 있다.

본고에서는 이와 같은 콩의 生理活性 기능에 관

하여 최근까지 보고된 논문들을 정리하였으며, 특히 콩 生理活性 물질중 항암작용 및 암 치료에 효과가 큰 것으로 밝혀진 isoflavon의 기능과 함량 변이에 관하여 알아보았다.

1. 콩의 영양과 생리활성 기능

食品 蛋白質의 營養的 가치는 일반적으로 필수 아미노산의 量과 組成, 그리고 蛋白質의 소화흡수율로 결정된다. 콩은 40% 内外의 蛋白質을 포함하고 있으며 필수아미노산의 조성면에서도 필수 아미노산 대부분이 표준 구성보다 높거나 비슷하다. 그럼에도 불구하고 콩의 蛋白質 효율비(PER)는 0.7로 동물성 蛋白質보다 낮게 評價되는데, 이는 함유량 아미노산인 메치오닌의 함량이 낮기 때문이다. 그러나 Messina(1995)에 의하면 PER 評價는 쥐로 실험하였기에 많은 모순(쥐는 어린이보다 總蛋白質要求量이 많으며 특히 特定 아미노산의 요구량-메치오닌의 경우 50% 이상이 크다.)을 내제하고 있어 最近에는 WHO와 FDA 등에서 PDCAAS(Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score) 값으로 食品評價를 하고 있으며, 콩의 PDCAAS는 1.0으로 콩 蛋白質은 어떤 食品보다도 우수하다³⁷⁾. 콩은 蛋白質 뿐만 아니라 20% 内外의 脂肪을 함유하고 있는데, 콩 脂肪質은 不飽和脂肪酸이 많으며 특히 필

수지방산인 linoleic酸과 linolenic酸의 含量이 높아 동맥경화증의 예방 및 치료에 많은 效果가 있는 것으로 밝혀지고 있다. 이밖에 콩 지방산에는 토코페롤(비타민 E) 등의 항산화제가 含有되어 있으며 estrogen effect를 갖는 coumestrol도 포함되어 있다.

한편 콩의 炭水化合物은 糖質이 약 22%, 섬유질 5%, 전분 1% 등으로 構成되어 있는데, 이중 콩의 纖維質인 셀룰로오즈, 펙틴 등은 식이섬유(dietary fiber)로서 변비 및 직·결장암이나 고혈압의 豫防에 效果가 있으며, 또한 콩의 당질중 raffinose와 stachyose 같은 올리고당은 장내 세균을 改善하는 기능(비피더스균의 증식 促進)을 가지고 있을 뿐만 아니라 콩나물 栽培時 가수분해된 galactose가 비타민 C로 轉換되므로서 콩 種實에는 없는 비타민 C의 生成作用도 한다.

최근에는 콩에 抗癌性 및 免疫性 強化 등의 生理活性를 갖는 物質들이 含有되어 있는 것으로 밝혀져 주목을 받고 있으며, 특히 미국 암연구센터에서는 콩이 主要한 抗癌作用을 하는 신기능 작물임을 발표한 바 있다. 콩의 抗癌能力은 isoflavone, 蛋白分解酵素 억제제, phytate, 食餌性 纖維, 사포닌, 植物性 sterols, 페놀화합물 등에 기인하는 것으로 보고^{2,3,21,26,48,49,51} 되어 있다.

표 1은 抗癌作用을 하는 콩 成分들의 대략적인 機能을 나타낸 것이다. 콩 isoflavone의 抗癌 잠재능력的大部分은 genistein으로 알려져 있는데, genistein은 항 estrogen 作用을 함으로써 유방암과 관련된 estrogen의 作用을 감소시키며, 갱년기 이후 여성에서는 오히려 estrogen 活性을 나타냄으로써 骨多空症을 막아주는 것으로 보고^{3,50,61} 되었다. 콩 트립신 인히비터의 하나인 BBI (Bowman-Birk Inhibitor)는 intracellular protease를 억제함으로써 암 예방에 效果^{3,30}가 있으며 phytic acid도 脂肪酸化를 감소시킴으로써 암 유발을 抑制⁵시킬 뿐만 아니라 膽石症 치료 및 콜레스테롤 低下에도 效果를 나타낸다고 보고되었다. 이밖에 Rao와 Sung(1995)은 콩 사포닌 150~600ppm의 濃度에서 암세포(HCT-5 : human carcinoma cell) 抑制 效果가 있다고 하였으며⁴⁸,塚本知玄(1995)은 콩 사포닌이 AIDS와 Epstein-Barr virus에 效果가 있다고 하였다⁵⁷.

심장관계 질환은 암과 함께 전 世界的으로 중요한 두가지 사망원인 중의 하나이다. 심장관계 질환은 혈중 脂質 水準과 關係가 있으며 따라서 만성질병을 예방하거나 發病을 늦추는 特定食品의 섭취가 主要한 研究課題로 부상하고 있는데 이중에서 가장 關心을 끄는 食品中의 하나가 콩이다.

Table 1. Examples of different types of anticarcinogenic activity reported for a variety of soybean products

Soybean product	Type of anticarcinogenic activity
Soybean-derived protease inhibitor -BBI	Ability to prevent malignant transformation <i>in vitro</i>
Soybean trypsin inhibitor	Ability to suppress promotion <i>in vitro</i>
Genistein and diadzein	Inhibits the proliferative growth of human breast cancer cell lines in culture
Genistein	Inhibits the growth of human prostate cancer cell lines in culture
Saponins	Cytotoxic to sarcoma cells in culture
Saponins	Inhibit the expression of an oncogenic virus (Epstein-Barr virus genome expression)
Soybean trypsin inhibitor	Inhibits transformation-associated protease(plasminogen activator) produced by virus-transformed cells <i>in vitro</i> . Inhibits transformation-associated fibrolysis in transformed cells and reduces the growth of SV-40 transformed cells in agar. Alters the morphology of transformed cells(i.e., causes the reversion of transformed cells to normal morphology)

* BBI = Bowman-Birk Inhibitor
Source : Kennedy, A. R. (1995)

혈중 지방질에 영향을 미치는 因子로는 ① 總 脂肪 攝取量과 脂肪質의 構成 ② 콜레스테롤 攝取量 ③ 총 에너지 攝取量과 에너지 均衡 ④ 總 식이섬유 량과 가용성 식이섬유량이 중요하며 動物性 蛋白質을 攝取하는 경우보다 콩 蛋白質을 먹는 경우에 심장관계 질환이 감소되었다는 報告^{3,52)}가 많다. 이들은 콩 蛋白質을 攝取하는 경우 血中 總 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤, 그리고 中性脂肪이 낮아진다고 報告되고 있다. Potter(1993)와 Erdman(1994)은 4주간 매일 50g의 콩 蛋白質 攝取 結果 LDL이 12% 減少하고 心臟病 위험은 24%가 減少되며, 初期의 hypercholesterolemia 환자 에게 25g씩의 콩 蛋白質을 攝取시킨 結果 LDL이 減少하며, 정상적인 사람들에게는 LDL 減少 效能은 없으나 豫防效果는 있다³⁾고 하였다.

그림 1과 표 2는 콩이 콜레스테롤 低下에 效果가 있음을 보여주는 結果이다. 그림 1은 환자가 콩 蛋白質을 섭취하기 시작한 8주 후 콜레스테롤 含量이 가장 낮아졌다가 그후 콩 蛋白質 대신 動物性 蛋白質로 대체시키면 콜레스테롤 含量이 다시 증가하고 있음을 보여주고 있어 콩 蛋白質의 效果를 확연히 알 수 있다.

표 2도 콩 蛋白質 섭취가 콜레스테롤 含量을 25%까지 減少시킴을 나타내고 있다. 이와 같은 結果들은 아시아 국가의 국민들이 美國이나 西歐

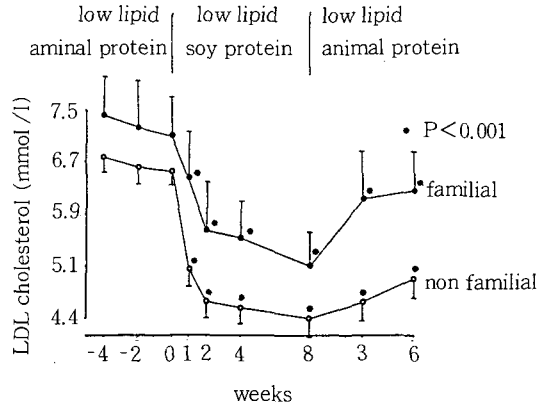


Fig. 1. LDL-cholesterol concentrations in relation to diet in patients with familial and nonfamilial type II hypercholesterolemia.

Source : Sitori, C. R. et al (1995)

國家의 국민들에 비해 암의 發病率이 적은 이유가 식이섬유의 차이에 起因한다고 보고¹³⁾된 논문들을 뒷받침하는 것이며, 따라서 각종 성인병의 예방 및 치료에 콩이 상당한 效果가 있음은 결코 부인할 수 없는 사실이라 하겠다.

이와 같은 콩의 생리활성 가능성 成分들의 역할을 요약해 보면 ① 콩 蛋白質과 콩단백 加水分解 peptide는 혈중 콜레스테롤 濃度減少 및 糞便

Table 2. Changes in total cholesterol, LDL-cholesterol and apo B concentrations in children with familial or polygenic hypercholesterolemia at the end of a crossover experiment on two different diet regimens : a soy protein vs. a standard low-lipid, low-cholesterol diet.

	Total cholesterol			LDL ² cholesterol			Apo B		
	Pre	Post	% change	Pre	Post	% change	Pre	Post	% change
	(mmol /L)			(mmol /L)			(mg /dl)		
Group 1 (n=13)									
Soy portein diet	5.99	5.05	(-16) ¹	4.52	3.52	(-22)	99.7	80.0	(-19)
Standard diet	5.55	5.13	(-8)	4.08	3.77	(-7)	89.4	78.6	(-12)
Group 2 (n=10)									
Standard diet	5.67	4.99	(-12)	4.25	3.72	(-13)	107.3	99.8	(-7)
Soy protein diet	5.91	4.81	(-18)	4.48	3.33	(-25)	110.5	83.2	(-25)

¹ Values in parentheses represent % changes vs. baseline. Values for total and LDL-cholesterol concentrations are means ± SD.

² LDL = low density lipoprotein
Source : Kennedy A. R. (1995)

steroid 배설을 촉진하고 ② 콩 올리고당(stachyose, raffinose)은 장내 유용균의 번식을 촉진하며 ③ 食餌纖維는 콜레스테롤 배설 促進, 장기능에 대한 生理效果 및 식후 혈당 上昇과 인슐린 분비를 抑制하고 ④ 인지질은 생체막의 成分으로 뇌기능 向上과 노인성 치매 방지, 혈중 콜레스테롤 축적을 방지하며 ⑤ 사포닌은 생체내 과산화脂質 形成을 억제하고 AIDS 바이러스(HIV) 감염 沮害作用 및 항지혈, 항산화작용을 하며 ⑥ isoflavone은 estrogen 활성을 가질 뿐만 아니라 抗癌 및 항산화 作用을 하고 ⑦ phytic acid는 항암 作用, 항산화작용, 콜레스테롤 저하 ⑧ 트립신 저해제는 항암 작용 ⑨ 기타 phytosterol과 페놀 화합물 등도 抗癌 可能性이 있는 것으로 밝혀져 있다.

2. 콩 isoflavone의 생리활성 기능

1) 抗 estrogen 및 estrogen 작용

콩에 存在하는 主要 isoflavone은 genistein, daidzein, glycitein과 그들의 포도당 結合 유도체들이다. Isoflavone은 細胞의 成長과 그 調節에 影響을 주어 암 방지 및 치료에 效果가 있는 것으로 알려져 있는데, isoflavone은 약한 estrogen이라 할 수 있으며 여러 호르몬적 狀況에서 estrogen antagonist로도, estrogen agonist로도 작용할 수 있다. 콩 isoflavones의 estrogen 作用의 大部分은 genistein 때문인 것으로 알려져 있으며^{3,49,50,56}, genistein은 잠재적 抗 estrogen 效果를 지닐 뿐만 아니라 發癌과 關係된 몇가지 重要酵素를 抑制한다고 보고^{1,46,50,56} 되어 있다. 즉 大部分의 유방암 세포는 estrogen을 必要로 하는데 genistein은 폐경전 여성에게 抗 estrogen 活性을 갖게 함으로써 호르몬, 세포대사를 통해 유방암과 關聯된 estrogen의 作用을 減少시킨다. 이밖에 갱년기 以後 여성에게는 폐경이후 혈중 estrogen 농도가 떨어짐으로써 뼈의 形成과 용해 사이의 균형이 깨어져 骨多空症이 생기므로 estrogen 치료를 하여 骨多空症을 낮추거나 막고 있는데, genistein은 갱년기 이후 여성에게 estrogen 活

性을 갖게 함으로써 骨多空症을 豫防하는 것으로 報告^{13, 23,46,50} 되어 있다. 특히 現在 骨多空症의 치료에는 ipriflavone이 쓰여지고 있는데 ipriflavone은 自然界에 存在하는 isoflavone의 유도체로서 그것의 대사물중 하나가 daidzein이다. 따라서 骨多空症은 骨 용해와 形成에 직접 影響을 주는 daidzein과 estrogen으로 作用하는 genistein의 투약방법으로 豫防 혹은 치료할 수 있는데, 콩에는 genistein과 daidzein이 모두 함유되어 있으므로, 骨多空症의 위험을 낮출 수 있는 좋은 기능성 食品이 될 수 있으리라 생각된다.

2) 抗癌작용 및 抗酸化작용

Kennedy(1995)는 콩의 isoflavone은 여러 藥理學的 機能을 갖는다고 하였으며³⁰, Coward 등(1993)에 의하면 아시아지역 사람들이 서구에 비해 암발생 환자가 적은 것은 콩을 섭취하고 있기 때문이라고 하였다¹³. Peterson과 Barnes(1991)도 콩의 isoflavone-특히 genistein-이 암세포(human carcinoma cell) 抑制效果가 크다⁴⁶고 하였으며 기타 많은 연구^{1,3,49,50,61}에서 콩 isoflavone의 항암효과에 관하여 발표한 바 있다.

Isoflavone은 세포의 成長과 調節에 影響을 끼침으로써 癌의 방지와 치료에 效果를 나타내는 것으로 알려져 있는데³⁷, 콩 isoflavone의 抗癌 潛在能力의 大部分은 genistein 때문이다. Genistein은 protein tyrosine kinase 작용과 DNA topoisomerase II의 作用을 방해하고 estrogen 반응기에 약하게 結合하는 등 細胞增殖을 減少시키고 세포분화를 增加시킴으로써 암 예방 및 치료효과를 갖는다. Akiyama 등(1987)은 genistein은 tyrosine specific protein kinase의 inhibitor 역할을 하는데 tyrosine kinase activity가 낮은 mutant들은 전이효율이 낮아 세포의 transformation을 방해함으로써 antitumor 역할을 한다¹¹고 하였으며, Wei 등(1993)은 genistein은 tumor promoter를 강하게 억제시킨다고 하였다⁶¹. 한편 Xu 등(1994)에 의하면 사람에 대하여 콩 isoflavone bioability를 알아보기 위하여 젊은 여성의 血清, 소변, 대변을 채취하여 分析한 結果 isoflavone의 회수율은 daidzein과 genistein이 각각 21%과 9%

를 나타내어 bioability는 diadzein이 더 높았다⁶³⁾.

이밖에 Naim 등(1976)은 isoflavone은 抗산화 작용을 하며 여기에는 특히 daidzein의 효과가 크다고 하였으며⁴⁰⁾, Pratt 등(1979)도 콩의 항산화 효과에 대하여 報告⁴⁷⁾한 바 있다.

3) 식물체내의 isoflavone 生理活性 기능

콩 뿌리에서의 窒素固定에는 *Bradyrhizobium japonicum* 등이 關與하는데 이들 共生關係에는 많은 박테리아 gene(窒素固定 - *nif*와 *fix* gene, nodulation-*nod* gene)이 要求된다¹²⁾.

일반적으로 *nod* gene들은 뿌리털의 curling 및 cortical cell의 分化를 조장하는데 이들 gene들은 flavonoids와 isoflavonoids에 의해 發現된다. 따라서 *B. japonicum*의 *nod* gene에서 daidzein과 genistein이 分離·동정되었으며³³⁾, 이들 isoflavone이 또한 *B. japonicum*의 成長을 促進하는 것으로 보고되었다. 이에 관한 實驗으로 Cho와 Harper(1991)는 콩에 *B. japonicum*이 接種되지 않았을 때는 isoflavone 含量에 차이가 없었으나 接種되면 isoflavone이 增加(특히 genistein)하며, 질소시비가 없을 때 여러 mutant(hypernodulating형, non-nodulating형)에서 isoflavone의 含量이 높았으나 窒素를 施肥하면 isoflavone이 모두 減少한다고 하였다¹²⁾. 이밖에 Kape 등(1991)은 전자현미경을 使用하여 *B. japonicum*의 inducer로 isoflavone의 活力이 크음을 확인²⁷⁾하였으며, Smit 등(1992)도 *B. japonicum*의 生長에는 isoflavone이 關與한다고 하였다^{33,53)}.

그러나 daidzein과 genistein이 오히려 *Rhizobium leguminosarum* 發現을 抑制한다는 報告도 있어 isoflavone은 特定한 *nod* gene의 發現을 助長하는 것으로 判斷된다. 이밖에 Suganuma와 Satoh(1991)는 isoflavone과 뿌리털 curling과는 直接的인 關與가 없다고도 發表⁵⁴⁾한 바 있다.

Keen 등(1972)은 콩이 *Phytophthora megasperma* var. *sojae*에 接種되면 抵抗性이 있는 콩은 罹病性 品種에 비해 antifungal pterocarpan

hydroxyphaseollin이 10~100배 蓄積되며 이것은 isoflavone 배당체의 加水分解에 의해 生成된다²⁸⁾고 하였으며, Morris 등(1991)은 *Phytophthora megasperma*에 抵抗性이 있는 콩잎과 배축에서 isoflavone의 蓄積을 確認함으로써 isoflavone이 病害 抵抗性에 關聯이 있다³⁸⁾고 하였다. Graham(1991)도 daidzein은 phytoalexin glyceollin 蓄積의 전구물질 役割을 하며 genistein도 *Phytophthora*에 毒性을 끼치는 作用을 한다고 하였으며¹⁹⁾, *Phytophthora sojae*에 의해 상처입은 組織에서 isoflavone의 含量이 增加한다는 報告¹⁸⁾도 있다. Naim 등(1974)은 콩 isoflavone은 99%가 배당체로 存在하며 이들은 antifungal 活力이 있다고 하였으며⁴¹⁾, 이밖에 여러 研究者들에 의해 isoflavone이 antifungal activity와 antibacterial activity를 가지고 있음이 보고^{18,29,38,45,62)} 되었다.

3. 콩 isoflavone의 종류와 變異

1) Isoflavone의 種類別 含量 分布

콩에 存在하는 主要 isoflavone은 aglycone인 genistein, daidzein, glycitein과 그들의 포도당 결합유도체들이다. 그림 2는 이들의 構造를 나타낸 것으로 지금까지 12가지 程度가 밝혀져 있다³⁴⁾.

콩에 存在하는 isoflavone을 分析하기 위하여 여러가지 方法이 試圖되어 왔으며, 最近에는 HPLC를 利用하는 方法이 一般化되어 있다. HPLC를 利用하는 方法은 試料를 유도체화 시킬 필요없이 isoflavone을 유리 혹은 結晶상태(free and conjugated form)로 直接分析할 수 있는 잇점이 있어 그 應用方法들이 많이 改善 發達되어 왔다^{17,36)}. 또 Lancombe 등(1996)은 capillary zone 電氣泳動 方式으로 isoflavone을 分離시키기도 하였다³⁵⁾.

콩의 isoflavone들은 주로 6"-O-malonyl-genistin, 6"-O-malonyldaidzin 그리고 6"-O-malonyl-glycitin 形態인데 acetyl화된 形態로도 存在한다³⁴⁾. 그러나 malonyl과 acetyl 形態는 溫度

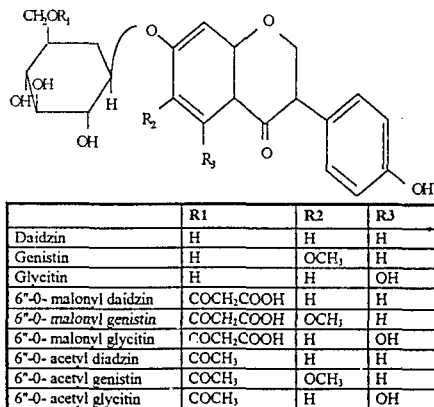
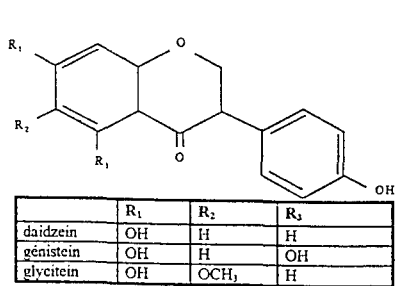


Fig. 2. Structure of the soybean seeds isoflavones.

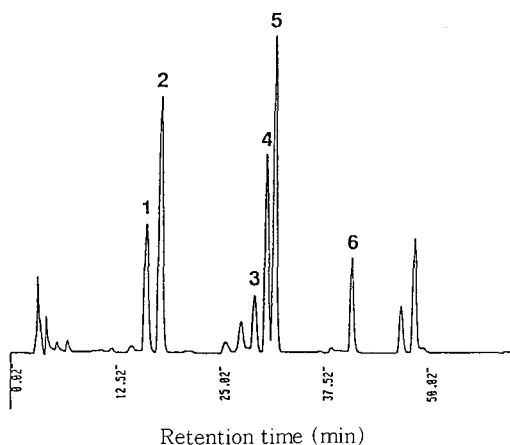


Fig. 3. Typical HPLC chromatogram of isoflavone analysis of soybean seed hypocotyl. 1, daidzin; 2, glycitin; 3, genistin; 4, malonyldaidzin; 5, malonylglycitin; 6, malonylgenistin.

등에 불안정하여 쉽게 다른 배당체로 轉換이 일어나므로 콩에서의 진정한 isoflavone은 genistin, daidzin과 이들의 aglycone인 genistein, daidzein으로 볼 수 있다³⁵⁾. 이들 isoflavone은 처음 Waltz(1941)에 의해서 genistin과 daidzin 그리고 이들의 aglycones이 分離 및 確認되었으며, glycitein은 Naim 등(1973)에 의해 分離되었다⁴¹⁾. 그외 6''-O-acetyldaidzin과 6''-O-acetylgenistin이 Ohta 등(1980)에 의해 分離되었으며

⁴³⁾, Kudou 등(1991)은 6''-O-acetylglycitin, 6''-O-malonyldaidzin, 6''-O-malonylgenistin, 6''-O-malonylglycitin 등을 分離·동정 하였다³⁴⁾.

콩 種實의 isoflavone은 80~90%가 cotyledon에 含有되어 있으며 나머지가 胚軸에 存在한다⁵⁷⁾. 大體的으로 daidzin, genistin, malonyldaidzin, malonylgenistin은 HPLC 등의 方法에 의하여 쉽게 檢出되지만 다른 isoflavon들 (aglycons와 acetyl forms)은 아주 少量 存在하기 때문에 定量하기가 쉽지 않다³⁴⁾(그림 3).

표 3은 一般的인 콩 種子에서의 isoflavone들의 含量 分布를 나타낸 것인데 대체로 malonyl form들이 大部分을 차지하여 malonylgenistin과 malonyldaidzin이 全體의 66%를 차지한다. 이들은 開花後 35~60일 사이에 콩에 蓄積되는데(그림 4), malonylgenistin과 genistin은 生育後期에 많

Table 3. Isoflavone content in Maple Arrow soybean seeds

Compound	Amount (mg) ^a
Daidzin	129.4
Glycitin	20.5
Genistin	96.6
6''-O-Malonyldaidzin	251.0
6''-O-Malonylglycitin	20.0
6''-O-Malonylgenistin	275.5

a : per 100g dry weight
Source : Kudou et al. (1991)³⁴⁾

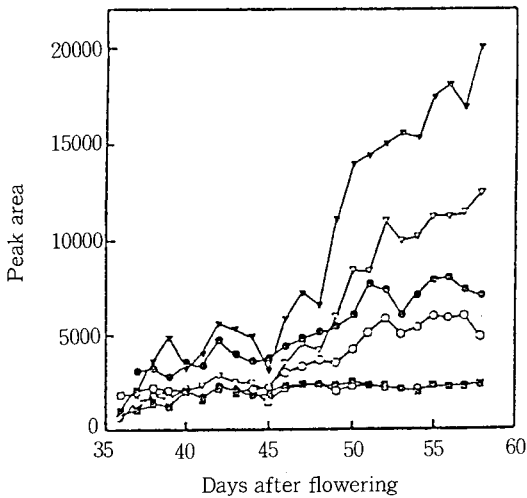


Fig. 4. Isoflavone accumulation during the maturation of Maple Arrow soybean seeds.

Immature seeds in pods harvested at various stages of maturation after flowering were used as the samples for quantitative analyses. Peak area shows the change in relative amounts of isoflavone glycosides for a certain dry weight. O, daidzin; □, glycitin; ▽, genistin; ●, 6^o-O-malonyldaidzin; ■, 6^o-O-malonyglycitin; ▼, 6^o-O-malonylgenistin.

Source : Kudou et al. (1991)³⁴⁾

Table 4. Content of isoflavone compounds in soybean seed^a(mg /100g)

Compound	Room temperature ^b		80°C ^c	
	Hypocotyl	Cotyledon	Hypocotyl	Cotyledon
Daidzin	320	45	838	145
Glycitin	485	— ^d	1004	—
Genistin	118	80	246	210
6 ^o -O-Malonyldaidzin	423	70	8	3
6 ^o -O-Malonylglycitin	445	—	11	—
6 ^o -O-Malonylgenistin	144	117	4	—
6 ^o -O-Acetyldaidzin	2	2	57	8
6 ^o -O-Acetylglycitin	6	—	89	—
6 ^o -O-Acetylgenistin	105	1	39	1
Daidzein	102	33	35	11
Glycitein	—	—	15	—
Genistein	35	48	16	14
Total	2185	396	2362	392

^a Suzuyutaka strain cultivated in Akita Prefecture in 1988.

^b Extraction at room temperature for 24 hr.

^c Extraction at 80°C for 15 hr.

^d Not detected. Source : Kudou et al. (1991)³⁴⁾

이 축적되는 반면 malonyldaidzin과 daidzin은 전 時期에 걸쳐 蓄積된다³⁴⁾. Kudou 등(1991)에 따르면 콩 種實을 種皮, 子葉, 胚軸으로 나누어 isoflavone 含量을 分析해 본 結果, 胚軸에서의 농도가 子葉보다 5.5~6배가 높다고 하였으며 (표 4), 특히 glycitin과 이의 유도체들은 오직 胚軸에서만 檢出되었고 種皮에서는 isoflavone을 確認할 수 없었다. Eldridge와 Kwolek(1983)도 콩의 isoflavone은 胚軸에 많이 함유되어 있으며 大體적으로 daidzin과 glycitin은 胚軸에 많고 genistin은 子葉에 많으나, 胚軸에서의 genistein 含量은 子葉의 20배 이상이라고 하였으며, 種皮에서도 미량이나마 isoflavone이 檢出된다고 하였다¹⁴⁾.

또한 isoflavone을 分析하기 위한 方法中 상온에서 isoflavone을 抽出하였을 때는 malonyl 形態의 isoflavone 배당체가 주된 成分이었으나 80°C에서 抽出하였을 때는 malonyl form의 含量은 감소한 반면 기타의 isoflavone과 acetyl form의 含量은 증가(6^o-O-acetylgenistin은 예외)하였다. 그림 5는 상온과 80°C에서 isoflavone을 抽出했을 때 그 分布狀態를 比較한 것이다. 표 4 및 그림 5에서와 같이 malonyl form은 溫度 등에 敏

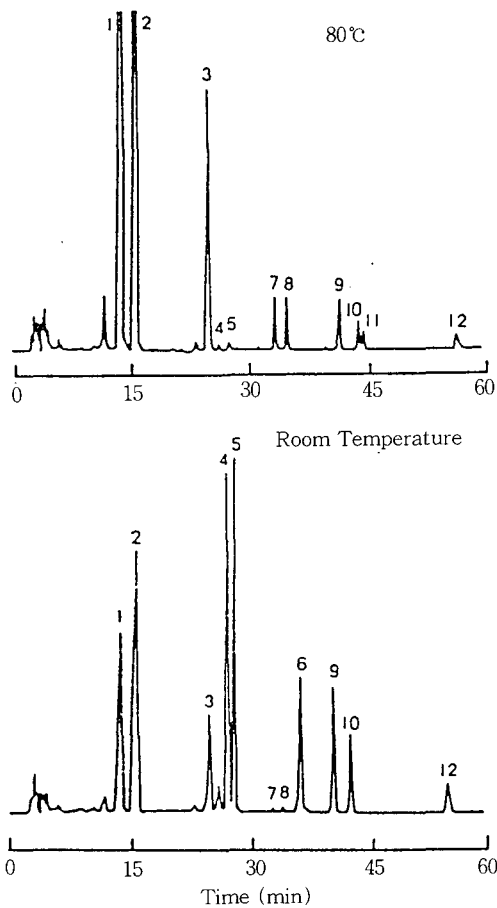


Fig. 5. High-performance liquid chromatogram of 70% ethanol extracts obtained from the hypocotyls of mature soybean seeds at room temperature and at 80°C.

1, daidzin; 2, glycitin; 3, genistin; 4, 6"-O-malonyldaidzin; 5, 6"-O-malonylglycitin; 6, 6"-O-malonylgenistin; 7, 6"-O-acetyldaidzin; 8, 6"-O-acetylglycitin; 9, 6"-O-acetylgenistin; 10, daidzein; 11, glycitein; 12, genistein.

感하여 불안정한 狀態임을 알 수 있었으며, 따라서 콩의 실질적인 isoflavone은 daidzin, genistin과 이들의 aglycone인 daidzein과 genistein이라 할 수 있겠다.

2) Isoflavone의 유전 및 환경 변이

(1) 遺傳變異

콩에 存在하는 isoflavone 含量은 品種 및 環境에 따라 다양하게 나타난다. Eldridge와 Kwolek(1983)은 몇가지 콩 品種에서 isoflavone 含量을 分析해 본 結果, 品種間에는 116~309mg/g의 含量分布 차이를 보였으며 같은 品種도 장소에 따라 46~195mg/g의 含量變異를 나타내었다고 보고¹⁴⁾하였다.

표 5는 7 品種에 대한 12종의 isoflavone 含量을 調査한 結果이다.

공시된 7 品種間에 뚜렷한 isoflavone 含量差異를 나타내고 있으며, Pioneer 9111은 HP 204에 비해 2배 이상의 isoflavone이 含有되어 있는 것으로 나타났다.

따라서 遺傳的인 要素에 따라 isoflavone 含量도 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 6"-O-malonylgenistin과 6"-O-malonyldaidzein이 총 isoflavone 含量에서 차지하는 比率이 크고 acetyl form은 아주 微弱하게 나타나는 등, 대체로 품종 내 각 isoflavone의 含量分布 程度가 같은 傾向을 보이지만, XL72 같은 경우 glycitin과 6"-O-malonylglycitin이 차지하는 比率이 他品種에 비해 높아 종자내의 isoflavone 分布도 遺傳的인 要素에 支配되지 않는가 思料된다. 이와 관련하여塚本知玄(1995)은 胚軸에 함유되어 있는 isoflavone과 子葉에 存在하는 isoflavone은 다른 기작 및 遺傳的인 要素에 의하여 蓄積된다고 報告⁵⁷⁾한 바 있으며, 따라서 isoflavone의 含量을 높이거나 낮추기 위해 育種的인 接近을 할 때는 胚軸 部分과 子葉部分은 別개로 取扱되어야 하며, 子葉의 isoflavone 含量을 낮춤으로써 胚軸의 isoflavone 含量을 높일 수도 있을 것이라는 假說을 제시하기도 하였다.

표 6은 울콩(夏大豆형)과 일반콩(秋大豆형)의 isoflavone 含量을 分析 比較한 結果이다. 표에서 보는 바와 같이 울콩 系統이 일반콩에 비해 isoflavone 含量이 현저히 낮은 것을 알 수 있는데 Kitamura 등(1991)은 울콩 系統의 isoflavone 含量이 낮은 것은 成熟時期의 高溫에 影響을 받았기 때문인 것 같으며 따라서 isoflavone 含量의 많고 적음은 溫度의 影響이 클 것이라고 結論 내

Table 5. Isoflavone contents (micrograms per gram) in different varieties of Iowa soybeans in 1989^{1,2}

Isoflavone	Pioneer 9111	Pioneer 9202	Prize	HP204	LS301	XL72	Strayer 2233
Daidzein	28 ^b	23 ^c	38 ^a	4 ^e	10 ^d	12 ^d	25 ^{bc}
Genistein	30 ^c	34 ^b	33 ^b	15 ^e	16 ^d	45 ^a	30 ^c
Glycitein	19 ^{ab}	20 ^{ab}	20 ^{ab}	19 ^b	19 ^b	21 ^a	20 ^{ab}
Daidzin	637 ^b	531 ^c	780 ^a	196 ^f	442 ^d	148 ^f	367 ^e
Genistin	888 ^a	668 ^c	806 ^b	330 ^f	562 ^d	481 ^e	444 ^e
Glycitin	60 ^b	70 ^b	68 ^b	63 ^b	64 ^b	97 ^a	74 ^b
6 ^o -malonyldaidzin	690 ^{ab}	630 ^b	709 ^a	349 ^c	752 ^a	198 ^d	385 ^c
6 ^o -malonylgenistin	1756 ^a	1705 ^a	1342 ^c	945 ^e	1558 ^b	1042 ^d	883 ^e
6 ^o -malonylglycitin	72 ^b	88 ^b	87 ^b	94 ^b	92 ^b	118 ^a	81 ^b
6 ^o -acetyldaidzin	tr ³	tr	tr	tr	tr	tr	tr
6 ^o -acetylgenistin	2 ^a	1 ^{ab}	1 ^{ab}	1 ^{ab}	1 ^{ab}	2 ^{ab}	tr
6 ^o -acetylglycitin	33 ^c	35 ^b	tr	36 ^a	33 ^{bc}	37 ^a	34 ^{bc}
Total	4216 ^a	3806 ^b	3886 ^b	2053 ^a	3551 ^c	2201 ^{de}	2344 ^d

¹ Samples measured in triplicate. ²Means followed by the same letter in the same row are not significantly different ($p < 0.05$). ³tr : trace

Source : Wang and Murphy (1994)⁶⁰⁾

Table 6. Isoflavone contents in the seeds from five cultivars sown at respective standard time in 1990

Cultivars	Isoflavone content ¹⁾ (mg / 100g seed meal)			
	Daidzin ²⁾	Genistin ³⁾	Malonyldaidzin ²⁾	Malonylgenistin ³⁾
Kogonedaizu*	5.23 ± 0.77	5.25 ± 0.45	33.46 ± 0.93	26.99 ± 0.81
Higomusume*	3.05 ± 0.13	3.95 ± 0.42	24.95 ± 0.29	24.14 ± 1.21
Kairyousirome*	8.41 ± 1.34	8.97 ± 1.22	40.22 ± 1.86	47.29 ± 1.78
Suzuyutaka	37.99 ± 0.35	43.54 ± 0.08	145.50 ± 2.55	134.45 ± 0.95
Lee	50.79 ± 0.17	63.71 ± 0.38	186.29 ± 2.27	193.74 ± 1.17

* Early maturing cultivars, so-called "summer-type soybeans".

¹⁾ Average of two replicates ± S.D.

²⁾ Quantified by using lyophilized purified daidzin as a standard sample.

³⁾ Quantified by using lyophilized purified genistin as a standard sample.

Source : Kitamura et al. (1991)³¹⁾

리기도 하였다³¹⁾.

이밖에 Buttery와 Buzzell(1974)은 콩잎에서 leaf flavonoids를分離하여 이들을 19 group으로 區分한 바 있으며, 나아가 잎의 flavonoids도品種間 差異가 크며 人工交配時 交配 父母本의 含量 差異에 따라 그 後代의 含量分布는 多樣하게 나타난다고 하였다⁸⁾. 또한 Buzzell과 Buttery(1992)는 콩 잎에서 flavonol glycosides를分離 및 精製하고^{4,5,7,10,17)}, 人工交配後의 後代檢定을 통하여 이들의 遺傳樣相을 調査하기도 하였다^{9,11)}.

이외에도 잎의 flavonol glycoside gene 中에는 光合成 效率과 聯關이 있는 것이 있으며, 따라서 콩 收量を 높일 수 있는 方案의 하나로 交配育種을 통하여 光合成 效率을 높일 수 있는 gene을 蓄積하든지 혹은 光合成 效率을 低下시키는 gene을 除去함으로써 콩 수량 증대가 가능할 것이라고 하였다⁶⁾.

(2) 環境變異

콩의 isoflavone 含量은 收穫時期 및 栽培位置

Table 7. Isoflavone contents (micrograms per gram) of Vinton 81 Soybeans in different crop years in Iowa^{1,2}

Isoflavone	1989	1990	1991A ³	1991B ³	1991C ³
Daidzein	59 ^a	26 ^b	10 ^{cd}	17 ^c	7 ^d
Genistein	56 ^a	29 ^b	19 ^c	20 ^c	17 ^c
Glycitein	20 ^{bc}	20 ^c	22 ^b	24 ^a	20 ^{bc}
Diadzin	779 ^a	690 ^b	234 ^c	231 ^c	180 ^c
Genistin	850 ^a	852 ^a	326 ^c	325 ^c	394 ^b
Glycitin	69 ^a	56 ^a	66 ^a	65 ^a	53 ^a
6 ^o -O-malonyldaidzin	410 ^a	300 ^b	121 ^d	237 ^c	241 ^c
6 ^o -O-malonylgenistin	958 ^a	743 ^b	290 ^b	545 ^c	738 ^b
6 ^o -O-malonylglycitin	69 ^a	50 ^b	58 ^{ab}	72 ^a	61 ^{ab}
6 ^o -O-acetyldaidzin	tr ⁴	tr	tr	tr	tr
6 ^o -O-acetylgenistin	2 ^c	9 ^a	5 ^b	4 ^b	2 ^c
6 ^o -O-acetylglycitin	36 ^a	nd ⁴	25 ^{ab}	23 ^{ab}	35 ^a
Total	3309 ^a	2776 ^b	1176 ^d	1563 ^c	1749 ^c

¹ Samples measured in triplicate. ²Means followed by the same letter in the same row are not significantly different ($p < 0.05$). ³Different crop-growing locations. ⁴tr, trace; nd, not detected.
Source : Wang and Murphy (1994)⁶⁰⁾

Table 8. Isoflavone content of Hardin and Corsoy-79 Soybeans* grown in different locations in 1980 (mg / 100g)

Location	Variety	Daidzin	Glycitin 7- β -glucoside	Genistin	Daidzein	Genistein	Total
Girard, IL	Hardin	14.2	9.2	21.5	1.1	0.9	46.9
	Corsoy-79	25.1	12.2	39.5	2.4	0.8	79.9
Urbana, IL	Hardin	22.5	7.4	49.9	0.5	0.06	81.7
	Corsoy-79	49.1	13.0	88.8	3.0	0.6	154.5
Pontiac, IL	Hardin	45.4	13.1	96.3	2.0	0.03	156.1
	Corsoy-79	64.1	13.3	115.6	1.9	0.4	195.1
DeKalb, IL	Hardin	44.4	16.1	107.5	2.1	0.06	170.8
	Corsoy-79	53.3	19.0	113.9	3.5	1.0	190.9
	LSD**	25.5	7.4	42.7	3.5	0.8	71.7

* Parentage of varieties : Hardin = Corsoy³ × Cutlass-71 ; Corsoy-79 = Corsoy⁶ × Lee-68.

** Least significant difference at 5 % level

Source : Eldridge and Kwolek (1983)¹⁵⁾

에 따라서도 많은 變異를 나타낸다.

표 7은 Vintron 81 品種을 1989~1991년까지 3년 동안의 년차변이에 따른 isoflavone 함량의 變化程度를 分析한 結果이다. 3년 동안의 isoflavone 함량은 1,176~3,309 μ g/g의 變異를 보였으며, 1991년 같은 해에 3개 地域에서 收穫한 種子의 isoflavone 함량은 1,176~1,749 μ g/g을 나타내어 地域보다는 年次變異가 isoflavone 함량

에 더 影響을 끼치는 것으로 나타났다.

표 8은 2가지 品種을 4地域에서 같은 해에 栽培 收穫한 후 種子 isoflavone 함량을 調査한 結果이다. 표에서 보는 바와 같이 品種間에도 變異가 컸으나, 각 品種에서의 地域間 變異도 크게 나타났다. 특히 品種과 地域間의 相互作用은 daidzin, glycitin, genistin과 總 isoflavone 함량에서 有意性을 보였다. 이와 같이 isoflavone 함량의 년차

및 場所變異가 큰 것은 Kitamura 등(1991)이 가정을 내린 것처럼 登熟期の 溫度影響³¹⁾이 큰 것으로 思料된다.

그림 6은 isoflavone 含量이 낮은 것으로 보고되어 있는 올콩 品種인 Koganedaizu를 對象으로 播種期를 달리하였을 때 種子에 蓄積된 isoflavone 含量 變異를 나타낸 結果이다. 4월 13일에 播種하여 登熟時期에 高溫을 맞이한 경우(A)는 isoflavone들의 含量이 미미하였지만 7월 10일에 播種하여 登熟時期가 低溫이었을 때(B)는 isoflavone 含量이 높아짐을 알 수 있다. 따라서 콩 isoflavone 含量은 年次 및 場所變異가 크며 여기에는 登熟時期의 溫度가 큰 影響을 끼친다고 判斷된다.

이와 같은 結果는 塚本知玄(1995)도 發表⁵⁷⁾한 바 있는데, 표 9는 일본 큐슈와 쓰꾸바에서 여러 가지 品種을 對象으로 播種時期를 달리한 狀態에서 收穫된 種實들의 isoflavone 含量 變異를 나타낸 結果이다. 큐슈보다 平均氣溫의 낮은 쓰꾸바에서 재배된 콩의 isoflavone 含量이 큐슈 지역의 콩보다 높으며, 같은 地域에서도 9월 15일 이전에 收穫한 種實들의 isoflavone 含量이 9월 15일 이후에 收穫한 種實보다 낮아 isoflavone 含量은 收穫期의 溫度에 影響을 받으며 그중에서도 高溫條件이 isoflavone 含量을 低下시킴을 알 수 있다. 특히 種實全體와 胚軸을 比較해 볼 때 胚軸에서의 含量變異는 比率面에서 種實보다 적어 子葉의 isoflavone이 胚軸의 isoflavone보다 온도 影響을 크게 받는 것으로 判斷되었다. 또한 사포닌 含量

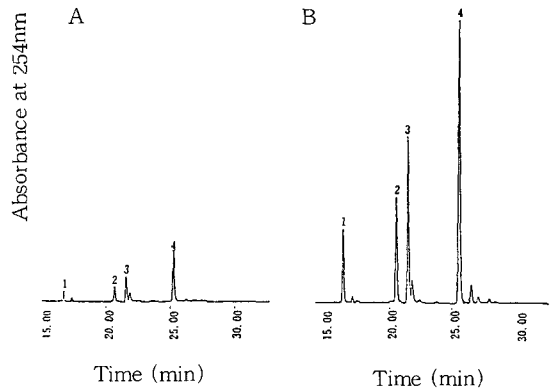


Fig. 6. HPLC chromatogram of isoflavones for (A) the seeds obtained from the soybean cv. Koganedaizu sown at a standard time (April 13) and (B) the seeds obtained from the soybean cv. Koganedaizu sown at a late time (July 10). Peaks 1, 2, 3 and 4 correspond to daidzin, genistin, malonyl-daidzin, and malonyl-genistin, respectively. Source : Kitamura et al. (1991)

과 不飽和脂肪酸의 含量도 調査되었는데 사포닌은 溫度에 影響을 받지 않았으며, 不飽和脂肪酸는 溫度가 높아짐에 따라 리놀산과 리놀렌산 含量이 줄어드는 대신에 올레익산이 增加함을 알 수 있었다.

표 10은 胚軸과 種實全體에서의 isoflavone 含量에 影響을 미치는 要因을 알아보기 위해 3品種을 利用하여 溫度가 調節된 生育床에서 栽培 收穫

Table 9. Mean values of seed component analysis in four groups composed of seventy different samples belonging to seven soybean varieties based on the difference in locations and harvest periods in 1991¹⁾

Location	Harvest period	Sample size	Isoflavone (whole seed)	Isoflavone (hypocotyl)	Saponin	C18:2+C18:3 / Total FA
Kyushu	before 9/15	24	44.4±20.5	803.7±148.8 ^a	216.2±61.8 ^a	46.1±8.4 ^a
	later than 9/15	16	132.4±45.4 ^a	1001.7±161.2 ^{bc}	243.6±42.6 ^a	61.2±3.4 ^b
Tsukuba	before 9/15	10	107.6±17.9 ^a	914.9±103.9 ^{ab}	214.9±27.5 ^a	46.5±5.8 ^a
	later than 9/15	20	229.9±78.9	1152.5±246.9 ^c	215.7±46.9 ^a	59.2±9.6 ^b

¹⁾ Values are expressed in mg/100g seed(isoflavone and saponin contents) and in % (fatty acid ratio). Means with the same letter in the same column are not significantly different at 1% level by t-test.

Source : 塚本知玄(1995)⁵⁷⁾

Table 10. *F* values and levels of significance of ANOVA of seed components of three cultivars grown at different temperatures during seed development in growth cabinets*

Source	df	Isoflavone (whole seed)	Isoflavone (hypocotyl)	Saponin	C18:2+C18:3/ Total FA
Between varieties	2	2.20 ^{NS}	51.62**	9.53**	12.99**
Between temperatures	1	273.85**	281.20**	0.05 ^{NS}	118.73**
Variety×temperature	2	2.20 ^{NS}	16.93**	0.71 ^{NS}	6.55*

¹⁾ NS, not significant; * and **, significant at 5 and 1%, respectively.
Source :塚本知玄(1995)⁵⁷⁾

한 후 이들의 分析値를 分散分析한 結果이다.

胚軸은 溫度 이외에도 品種間에서도 isoflavone 含量間에 有意性을 나타내어 品種과 溫度間의 相互作用이 認定되었으나, 種實全體에서는 品種間 差異가 나타나지 않았다. 따라서 콩 isoflavone의 含量은 溫度 등 環境要因에 影響을 받지만 유전적인 要素도 배제할 수 없음을 알았으며, 특히 胚軸의 경우는 子葉과는 다른 樣相을 나타내어 子葉과 胚軸에서의 isoflavone 蓄積기작은 다르며, 遺傳的인 지배는 胚軸이 子葉보다 더 큼을 알 수 있다.

한편 塚本知玄(1995)에 따르면 상대적으로 平均氣溫이 높은 브라질 및 동남아시아 등 低緯度 지역에서의 콩 品種들이 모두 isoflavone 含量이 낮은 것이 아닌 것으로 調査되었으므로, 앞으로 콩 isoflavone 蓄積 기작에 관한 研究는 좀 더 면밀한 檢討가 있어야 할 것으로 思料된다. 그리고 環境이 調節된 生育床에서 栽培된 콩과 야외 圃場에서 栽培된 콩 간에도 isoflavone 含量 差異가 있어 야외포장의 境遇가 그 含量이 높았는데, 이것은 氣候的인 要素와 病蟲害 感染 등 여러가지 環境要因이 複合的으로 作用한 것으로 判斷되었다⁵⁷⁾.

4. 콩 加工食品의 isoflavone 함량 변이

콩은 예로부터 아시아 地域에서 오랜기간 食用으로 섭취되어 왔으며, 最近에는 美國 등 西歐에서도 豆腐 및 豆乳의 섭취가 늘고 있다. 특히 콩이 각종 成人病의 豫防 및 치료에 效果가 있음이 밝

혀짐에 따라 아시아권 뿐만 아니라 西歐에서도 콩의 利用이 대량 增加하고 있으며 消費形態도 多樣해지고 있다.

한편 一般的으로 食品의 바람직하지 못한 뒷맛은 組織에 含有된 phenol 化合物에 기인하는데, 콩에 存在하는 isoflavone도 主要 phenol 化合物로서 콩 비린내 등 좋지 않은 뒷맛에 作用하는 것으로 認識되어 이를 除去하기 위한 勞力이 시도되어 온 것이 사실^{24,44)}이다. 그러나 콩의 生理활성機能에 관한 研究結果들이 發表^{13,23,25,39,63)}됨에 따라 최근에는 phenol 化合物 등을 反營養의 要素로 보다는 藥理效果에 重點을 두고 보는 시각이 많아지고, 따라서 콩 食品의 isoflavone 含量 增大 與否가 關心을 모으고 있는 實情이다. 이에 따라 콩 食品의 isoflavone 含量 分析技術도 많이 發達되었으며^{16,19,58)}, 다양한 製品에 따라 각기 다른 精度 높은 分析方法이 遂行되고 있다.

콩 食品에서 發見되는 isoflavone의 種類는 加工工程에 따라 아주 다르게 나타난다. 즉 콩 種實에는 주로 malonyl form의 isoflavone이 存在하지만 이들은 乾熱處理時 탈탄산되어 genistein, daidzein 혹은 6"-O-acetylglycitin 등으로 轉換되며³⁴⁾, 알콜 水溶液에서 抽出될 때도 malonyl form은 일반 7-β-glucosides로 轉換된다. 또한 이들은 抽出時間과 溫度에 의해서도 影響을 받는다. 따라서 Murphy (1982)는 콩 食品의 isoflavone 含量은 加工中 상당량이 損失된다³⁹⁾고 하였으나, 이에 반해 Coward 등(1993)은 발전된 分析技術로 콩 食品의 isoflavone 含量을 측정한 結果, 간장과 알콜로 抽出한 濃縮 콩 蛋白, 분리 콩 蛋白을 除外한 其他 콩 食品에서는 원래 콩 種實에 함유된 양과 비슷한 양의 isoflavone을 含有하고 있다

고 發表¹³⁾한 바 있다.

Ha 등(1992)은 여러 條件으로 콩을 침지시켰을 때 isoflavone의 含量變異를 報告²⁰⁾한 바 있는데(표 11), 50℃의 蒸溜水에 6時間 沈漬한 콩의 isoflavone 含量이 가장 높았고, 50℃의 NaHCO₃ 溶液에 침지한 콩은 蒸溜水 침지 시료에 비하여 daidzein이 90.3%, genistein이 88.2%의 含量을 나타내었다. 그러나 30분 동안 NaHCO₃ 溶液에서 끓인 뒤 測定한 isoflavone은 蒸溜水 處理에 비해 단지 각각 4.5%와 6.5% 程度의 含量만 測定되었다. 한편 Wang 등(1990)은 콩 食品 isoflavone 측정시 미리 콩을 蒸溜水나 수도물에 담가두었다가 isoflavone을 抽出하면 상당량이 이미 加水分解되어 溶出되어 버리므로 침지하는 것은 바람직하지 않다고 하였다.⁵⁸⁾

또한 Wang 등(1990)은 콩 發芽가 isoflavone

含量에 미치는 影響을 알아보기 위하여 콩 發芽期間을 달리하면서 phytoestrogen의 含量을 分析하였다(표 12). 그 結果 daidzein과 coumesterol의 濃度는 發芽期間동안 계속해서 빠르게 增加하였으며, genistein은 增加는 하였지만 濃度變化는 미미하였다. 따라서 콩나물 栽培時에도 isoflavone의 蓄積이 이루어진다는 것을 判斷할 수 있는데, 이는 生育期間·栽培條件 등에 따라 달라질 수 있을 것이며 앞으로 많은 檢討가 必要하리라 思料된다.

표 13은 콩과 콩 食品에 利用되는 原料들의 isoflavone 含量을 調査한 結果이다. 콩 品種間의 isoflavone 含量變異는 표에서 보는 바와 같이 1,176~4,216µg/g으로 나타났으며 isoflavone의 분포도 Pioneer 9111 경우 6"-O-malonylgenistin이 全體의 42%, genistin이 21% 그리고 6"-O-

Table 11. Concentrations of isoflavone aglycones daidzein and genistein in soaked soybeans^a

Soaking conditions	Daidzein	Genistein
	(µg / g dried, defatted soy flake)	
6 hr in 50℃ distilled water	401±99	355±62
9 hr in 50℃ 0.25% NaHCO ₃	362±52	313±64
30 min in boiling 0.25% NaHCO ₃	18±0.1	23±0.9
Commercial defatted soy flakes	56±7.3	67±7.8

^a Mean values and standard deviations for n=2 or 3.
Source : Ha et al. (1992)²⁰⁾

Table 12. Phytoestrogen content of soy seed and sprout germinated for various times

Germination time, day	Water %	Phytoestrogen content, mg / kg, dry basis					
		Daidzein		Genistein		Coumestrol	
		free	total	free	total	free	total
0	7.5	7.6	723.2	6.2	939.2		2.0
1	60.4	10.7	667.9	10.9	901.0	0.6	1.5
2	62.8	8.7	863.7		1059.7	1.3	3.2
3	67.6	9.8	834.6	4.1	1057.4	6.5	14.8
4	70.0	20.8	857.0	5.4	878.7	10.1	26.4
5	75.7	21.4	932.5	7.6	958.8	15.4	39.7
6	78.6	24.3	1012.1	4.9	890.7	17.5	48.5
7	78.2	19.8	1098.6	7.4	912.4	10.6	36.2
8	85.6	36.1	1754.2	16.0	1132.6	50.1	114.5
9	82.9	42.3	1763.2	22.5	1032.2	49.5	128.1
10	85.4	38.8	1643.2	22.9	1195.2	48.8	119.6

Source : Wang et al. (1990)

Table 13. Isoflavone content of soybeans and processed protein products

Product		Vinton 81 soybeans	Pioneer 9111 soybeans	Soy flour	Soy granule	TVP	Protein isolate A	Protein isolate B	Protein concentrate
Glucoside ($\mu\text{g/g}$)	Din	234	637	147	727	507	tr	88	tr
	Gin	326	888	407	870	634	137	301	18
	Glin	66	60	41	132	146	34	49	31
Malonyl ($\mu\text{g/g}$)	Din	121	690	261	106	93	20	18	nd
	Gin	290	1756	1023	193	192	100	88	tr
	Glin	58	72	57	60	60	39	36	nd
Acetyl ($\mu\text{g/g}$)	Din	tr	tr	tr	72	187	6	74	tr
	Gin	5	2	1	135	320	nd	215	1
	Glin	25	33	32	48	90	33	46	nd
Aglycone ($\mu\text{g/g}$)	Dein	10	28	4	12	12	63	11	nd
	Gein	19	30	22	27	29	136	36	nd
	Glein	22	19	19	22	25	53	25	23
Total		1176	4216	2014	2404	2295	621	987	73

* Din=daidzin; Gin=genistin; Glin=glycetin; Dein=daidzein; Gein=genistein; Glein=glycetein; tr=trace; nd=not detected; TVP=textured vegetable protein products.

Source : Anderson and Wolf (1995)²⁾

malonyl daidzin이 16%의 함유 분포를 보였다. 콩 분말 경우도 콩 종實과 비슷한 傾向을 보였지만 soy granule 및 TVP (textured vegetable protein products)는 malonyl form이 줄어드는 대신 glycoside와 acetyl form이 增加하였는데 이는 加工工程中 열처리 등에 의해서 malonyl form이 轉換되었기 때문이다²⁾. 콩 分離蛋白 및 濃縮蛋白들의 isoflavone 함유량이 낮은 것은 이들을 抽出하는 過程中에서 처리 용매에 의해 isoflavone이 損失된 것으로 判斷된다.

이밖에 Wang과 Murphy(1994)는 多様な 콩 食品과 그리고 여러가지 食品에 動物性 蛋白質 대신 콩 原料를 添加하여 만든 '제2차 콩 食品'에서의 isoflavone 함유량을 分析하였다⁵⁹⁾.

표 14는 이에 대한 結果로 2차 콩식품은 콩만으로 製造된 食品에 비하여 isoflavone 함유량이 낮게 나타났는데, 이는 商品화된 콩 加工食品은 原料콩의 種類, 加工方法의 多様性, 콩 이외의 첨가물 등에 의한 희석 등 여러가지 影響을 받았기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 isoflavone 등 食品에서의 phytoestrogen 함유량을 중시할 경우에는 콩 製品 加工工程中에도 콩 機能性 물질의 손상이 될

되는 方案이 講究되어야 할 것이다. 한편 Coward 등(1993)은 콩이 非醱酵食品(두부, 두유 등)과 醱酵食品(간장, 된장 등)間에도 isoflavone 分布 및 함유 差異가 있다고 하였는데, 非醱酵食品은 大部分 배당체 狀態로 isoflavone이 存在하며, 醱酵食品에는 aglycon 形態로 含有되어 있고 配당체는 거의 發見되지 않는다고 하였다¹³⁾. Wang과 Murphy(1994)도 같은 結果를 報告한 바 있다⁵⁹⁾.

이밖에 Coward 등(1993)은 아시아 地域 여자들이 西歐에 비해 유방암 등 각종 成人病에 쉽게 감염되지 않는 것은 콩을 많이 攝取하기 때문이라고 하였는데¹³⁾, 표 14에서 보는 바와 같이 아시아 권에서 주로 傳統食品으로 섭취하고 있는 콩 食品의 isoflavone 함유량이 西歐에서 조금씩이나마 食用하고 있는 콩 加工食品에 비해 월등히 높음을 알 수 있어 이를 뒷받침하는 結果가 아닌가 사료된다. 따라서 콩이 함유하고 있는 생리활성 機能이 다양하고 특히 다른 作物에 비해 콩에 大量으로 含有되어 있는 isoflavone의 機能性으로 말미암아 콩은 그 營養의 優秀性 뿐만 아니라 藥理效果도 越等한 것으로 判명된 만큼 콩의 攝取는 현대인의 健康增進을 위해 중요하며, 이를 위해 콩

Table 14. Isoflavone contents of soy foods

Product		Traditional Soy foods					Second - generation Soy food				
		Roast soybean	Tofu	Tempe	Bean paste	Miso	Soy hot dog	Soy bacon	Tempe burger	Tofu yogurt	Soy Parmesan
Glucoside ($\mu\text{g/g}$)	Din	460	25	2	nd	72	35	tr	36	42	tr
	Gin	551	84	65	96	123	67	27	158	80	tr
	Glin	68	8	14	21	18	15	14	18	12	nd
Malonyl ($\mu\text{g/g}$)	Din	45	159	255	nd	nd	12	tr	25	61	26
	Gin	63	108	164	nd	nd	42	5	nd	79	tr
	Glin	72	nd	nd	19	22	15	12	nd	nd	nd
Acetyl ($\mu\text{g/g}$)	Din	397	8	11	1	1	tr	tr	nd	nd	tr
	Gin	743	1	nd	2	11	4	3	1	tr	tr
	Glin	102	29	nd	nd	nd	14	nd	nd	nd	36
Aglycone ($\mu\text{g/g}$)	Dein	39	46	137	271	34	8	26	34	tr	tr
	Gein	69	52	193	183	93	16	48	96	3	6
	Glein	52	12	24	54	15	8	9	18	5	20
Total		2661	532	865	647	389	236	144	386	282	88

* Din=daidzin; Gin=genistin; Glin=glycitin; Dein=daidzein; Gein=genistein; Glein=glycitein; tr=trace; nd=not detected.

Source : Wang and Murphy (1994)⁵⁹⁾

을 이용한 다양한 가공제품 개발과 함께 이들의攝取가 일반화 되어야 할 것이다.

5. 맺는 말

콩에 함유되어 있는 isoflavone은 다양한 생리활성 작용으로 인하여 이에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. Isoflavone의 기능을 살펴보면 첫째 isoflavone은 약한 estrogen이라 할 수 있는데 이는 여러가지 호르몬적 상태에서 estrogen antagonist로 또는 estrogen agonist로 작용한다. 즉 anti-estrogen 효과에 의한 유방암 억제효과를 가져오며, 폐경기 여성에게는 estrogen 역할을 하여 뼈다공증을 예방 및 치료한다. 둘째 흉부암 등 각종 암 발생에 대응할 수 있는抗癌효과가 있으며, 셋째 항산화작용을 함으로써 역시抗癌효과를 지니고, 넷째 뿌리 *Bradyrhizobium japonicum nod gene*의 발현을 촉진하므로써窒素固定 등 뿌리혹 박테리아 등과의共生關係에 효과를 나타내며, 다섯째 기타 각종 病蟲害에 感染되었을

때 antifungal and antibacterial activity를 나타내고 또한 phytoalexin의 전구물질 역할을 하기도 한다.

Isoflavone은 콩 品種間 含量變異가 있어 遺傳的인 要因에 의해 지배됨을 알 수 있는데, 특히 品種實내에도 子葉部分과 胚軸部分의 含量 및 그 分布程度가 달라 子葉과 胚軸의 isoflavone은 각기 다른 기작에 의해 축적되며 支配하는 遺傳的인 要因도 다를 것으로 判斷된다⁵⁷⁾. 따라서 比率 및 濃度面으로 볼 때 胚軸의 isoflavone 含量이 많고 子葉의 含量이 적으므로, 交配育種을 통해 胚軸에 isoflavone을 더욱 축적시키고 子葉의 isoflavone은 제거시키는 것도 全體的인 콩 利用을 위한 한 方面이 될 수 있지 않을까 사료된다. 이것은 원래 isoflavone은 페놀화합물의 一種으로 콩 섭취후의 좋지 않은 뒷맛 등에 關與하는 것으로 밝혀져 있으므로 食品營養的으로는 콩에서 isoflavone 含量을 줄이기 위한 努力이 계속 遂行되어 온 것이 사실이다. 따라서 콩 製品 加工時 胚軸과 子葉을 分離시켜 따로 使用함으로써 콩의 생리활성物質 抽出과 함께 자업의 優秀한 營養의 特性을 합

게 利用할 수 있으리라 사료된다. 그러나 아직 胚軸과 子葉의 isoflavone 축적에 관한 기작이 밝혀진 바 없으므로 이에 관한 다양한 研究가 필요하리라 생각된다.

한편 Buzzell과 Buttery(1992)에 의하면 콩의 flavonoids의 遺傳樣相을 調査한 바 交配育種을 통하여 콩잎에 필요한 gene의 축적 및 불필요한 gene의 제거가 가능하다고 하였으며, 이런 작업은 光合成 효율을 높임으로써 收量 증대도 가져올 수 있다고 發表⁹⁾한 바 있다. 콩 isoflavone은 環境的 要因에 의해서도 그 含量에 많은 變化가 있다^{14,34,57,60)}. 그동안의 研究結果를 綜合해 보면 콩 isoflavone은 年次 및 場所에 따라서도 含量에 많은 變異가 있으나 가장 주된 要因은 콩 登熟時期의 溫度에 가장 많은 影響을 받는 것 같다. 즉 登熟時期가 高溫일 때 栽培된 콩은 低溫일 境遇에 비해 isoflavone 含量이 현저히 낮아짐을 알 수 있었으며, 특히 子葉에서의 變異가 胚軸보다 컸다. 그러나 低緯度 지역에 있는 콩들이 모두 isoflavone 含量이 낮지 않는 것으로 조사⁵⁷⁾된 바 있으므로 環境要因에 대한 세밀한 研究가 필요하리라 생각된다. 이밖에 野外에서 栽培된 콩과 環境이 調節된 生育床에서 栽培된 콩간에도 isoflavone 含量에 差異가 發見되었는데, 야외에서 栽培된 콩의 isoflavone 含量이 높은 것은 각종 病蟲害에 감염되는 등 여러가지 環境要因에 對應하기 위한 방어기작의 結果가 아닌가 判斷된다.

한편 콩을 이용한 加工製品間에도 isoflavone 含量의 差異가 있었는데 Coward 등(1993) 및 Wang 등(1994)에 의하면 알콜로 抽出된 蛋白製品 이외의 콩 製品은 원래 콩 種實의 isoflavone 含量과 差異가 없다^{13,58,59)}고 하였다. 콩 製品에서 非醱酵食品은 大部分 isoflavone이 배당체 狀態로, 醱酵食品에서는 aglycone 狀態로 含有되어 있으며, 아시아권의 傳統의인 콩 食品의 isoflavone 含量이 西歐의 콩을 利用한 '2차적 콩 製品'에 비해 월등히 높았다. 이와 같은 사실은 아시아 地域의 사람들이 서구에 비해 발암 등 각종 成人病에 感染되는 比率이 낮은 것과 聯關이 있는 것으로 發表된 바 있다^{3,13)}.

結論적으로 콩은 蛋白質의 優秀性, 脂肪酸中 不

飽和脂肪酸의 높은 比率, 식이섬유의 기능성 등 營養的으로 기타 어느 作物보다도 우수하며, 또한 phytic acid, 올리고당, 트립신 인히비터, isoflavone 등 과거에 反營養的 要素로 알려졌던 物質들이 오히려 생리활성이 큰 것으로 밝혀져, 최근에는 콩을 '신데렐라 作物'로 지칭할 만큼 콩의 생리활성 및 營養的 要素에 관한 관심이 높다. 따라서 각종 成人病에 콩이 效果가 있는 것으로 判明된 만큼 콩의 攝取는 國民健康增進에 크게 도움이 될 것으로 思料되며, 이를 위해 앞으로 콩을 利用한 多樣한 製品開發과 더불어 콩의 研究도 여러 方面에서 다양한 각도로 조명되어야 할 것으로 判斷된다.

참고문헌

1. Akiyama, T., J. Ishida, S. Nakagawa, H. Ogawara, S. Watanabe, N. Itoh, M. Shibuya and Y. Fukami. 1987. Genistein, a specific inhibitor of tyrosine-specific protein kinase. *J. Biol. Chem.* 262(12):5592-5595.
2. Anderson, R. L. and W. J. Wolf. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J. Nutr.* 125:581S-588S.
3. Bennick, M. R. 1994. Prevention of chronic diseases by soyfoods current research in the United States. 한국콩연구회 10주년 기념 발표 논문집. pp 107-120. 한국콩연구회.
4. Buttery, B. R., J. D. Gaynor, R. I. Buzzell, D. C. MacTavish and R. J. Armstrong. 1992. The effects of shading on kaempferol content and leaf characteristics of five soybean lines. *Physiol. Planta* 86:279-284.
5. _____ and R. I. Buzzell. 1987. Leaf traits associated with flavonol gly-

- coside genes in soybean. *Plant Physiol.* 85:20-21.
6. _____ and _____. 1976. Flavonol glycoside genes and photosynthesis in soybeans. *Crop Science* 16:547-550.
 7. _____ and _____. 1974. Soybean flavonol glycosides : identification and biochemical genetics. *Can. J. Bot.* 53:219-224.
 8. _____ and _____. 1973. Varietal differences in leaf flavonoids of soybeans. *Crop Science* 13:103-106.
 9. Buzzell, R. I. and B. R. Buttery. 1992. Inheritance of an anomalous flavonol glycoside gene in soybean. *Genome* 35:636-638.
 10. _____ and _____. 1974. Flavonol glycoside genes in soybeans. *Can. J. Genet. Cytol.* 16:897-899.
 11. _____ and _____. 1973. Inheritance of flavonol glycosides in soybeans. *Can. J. Genet. Cytol.* 15:865-867.
 12. Cho, M. J. and J. E. Harper. 1991. Effect of inoculation and nitrogen on isoflavonoid concentration in wild-type and nodulation-mutant soybean roots. *Plant Physiol.* 95:435-442.
 13. Coward, L., N. C. Barnes, K. D. R. Setchell and S. Barnes. 1993. Genistein, daidzein, and their β -glycoside conjugates: Antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. *J. Agric. Food Chem.* 41:1961-1967.
 14. Eldridge, A. C. and W. F. Kwolek. 1983. Soybean isoflavones: Effect of environment and variety on composition. *J. Agric. Food Chem.* 31:394-396.
 15. _____. 1982. Determination of isoflavones in soybean flours, protein concentrates, and isolates. *J. Agric. Food Chem.*:353-355.
 16. Farmakalidis, E. and P. A. Murphy. 1985. Isolation of 6"-O-acetylgenistin and 6"-O-acetyl daidzin from toasted defatted soyflakes. *J. Agric. Food Chem.* 33:385-389.
 17. Gaynor, J. D., B. R. Buttery, R. I. Buzzell and D. C. MacTavish. 1988. HPLC separation and relative quantitation of kaempferol glycosides in soybean. *Chromatographia* 25:1049-1053.
 18. Graham, M. Y. and T. L. Graham. 1994. Wound-associated competency factors are required for the proximal cell response of soybean to the *Phytophthora sojae* wall glucan elicitor. *Plant Physiol.* 105:571-578.
 19. Graham, T. L. 1991. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed root exudates. *Plant Physiol.* 95:594-603.
 20. Ha, E. Y. W., C. V. Morr and A. Seo. 1992. Isoflavone aglucones and volatile organic compounds in soybeans: Effects of soaking treatments. *J. Food Science* 57:414-418.
 21. 韓應洙. 1993. 식이 단백질이 혈중 cholesterol 농도에 미치는 영향. "현대인의 건강을 위한 콩 단백질의 영양과 이용" 국제 심포지움 발표 논문집. pp 91 - 100. 한국식품과학회 · 한국콩연구회.
 22. Hawrylewicz, E. J., J. J. Zapata and W. H. Blair. 1995. Soy and experimental cancer: Animal studies. *J. Nutr.* 125:698S-708S.
 23. Hendrich, S., K. W. Lee, X. Xu, H. J. Wang and P. A. Murphy. 1994. Defining food components as new nutrients. *J. Nutr.* 124:1789S-1792S.
 24. Huang, A. S., O. A. L. Hsieh and S. C. Chang. 1981. Characterization of the non-

- volatile minor constituents responsible for the objectionable taste of defatted soybean flour. *J. food Sci.* 47:19-23.
25. Huang, J., M. Nasr, Y. Kim and H. R. Matthews. 1992. Genistein inhibits protein histidine kinase. *J. Biol. Chem.* 267 (22):15511-15515.
 26. Imaizumi, K. and M. Sugano. 1993. Cholesterol lowering activity of soybean protein. "현대인의 건강을 위한 콩 단백질의 영양과 이용" 국제 심포지움 발표 논문집. pp 33 - 47. 한국식품과학회 · 한국공연학회.
 27. Kape, R., M. Parniske and D. Werner. 1991. Chemotaxis and *nod* gene activity of *Bradyrhizobium japonicum* in response to hydroxycinnamic acids isoflavonoids. *Appl. Env. Microbiol.* 57:316-319.
 28. Keen, N. T., A. I. Zaki and J. J. Sims. 1972. Biosynthesis of hydroxyphaseollin and related isoflavonoids in disease resistant soybean hypocotyls. *Phytochem.* 11:1031-1039.
 29. _____, J. J. Sims, D. C. Erwin, E. Rice and J. E. Partridge. 1971. 6a-Hydroxyphaseollin: an antifungal chemical induced in soybean hypocotyls by *Phytophthora megasperma* var. *sojae*. *Phytophthology* 61:1084-1089.
 30. Kennedy, A. R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* 125:733S-743S.
 31. Kitamura, K., K. Igita, A. Kikuchi, S. Kudou and K. Okubo. 1991. Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so-called "summer-type soybeans" (*Glycine max* (L) Merrill). *Japan J. Breed.* 41:651-654.
 32. Klein, B. P., A. K. Perry and N. Adair. 1995. Incorporating soy proteins into barked products for use in clinical studies. *J. Nutr.* 125:666S-674S.
 33. Kossalak, 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. USA* 84: 7428-7432.
 34. Kudou, S., Y. Fleury, D. Welti, D. Magnolato, T. Uchida and K. Kitamura. 1991. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). *Agric. Biol. Chem.* 55(9):2227-2233.
 35. Lacombe, S., T. Aussenac, J. L. Fabre and J. Dayde. 1996. Capillary zone electrophoresis separation of soybean isoflavones and their glucosides. "The 2nd international soybean processing and utilization conference" in Bangkok.
 36. Matsuura, M. and A. Obata. 1993. The β -glucosidases from soybeans hydrolyze daidzin and genistin. *J. Food Science.* 58 (1):144-147.
 37. Messina, M. 1995. Modern applications for an ancient bean: soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. *J. Nutr.* 125:567S-569S.
 38. Morris, P. F., M. E. Savard and E. W. B. Ward. 1991. 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.
 39. Murphy, P. A. 1982. Phytoestrogen content of processed soybean products. *Food Tech.* January:60-64.
 40. Naim, M, B. Gestetner, A. Bondi and Y. Birk. 1976. Antioxidative and antihemolytic activities of soybean isoflavones. *J. Agri. Food Chem.* 24(6):1174-1177.

41. _____, _____, S. Zilkah, Y. Birk and A. Bondi. 1974. Soybean isoflavones. Characterization, determination, and antifungal activity. *J. Agri. Food Chem.* 22(5):806-810.
42. _____, _____, I. Kirson, Y. Birk and A. Bondi. 1973. A new isoflavone from soya beans. *Phytochem.* 12: 169-170.
43. Ohta, N., G. Kuwata, H. Akahori and T. Watanabe. 1980. Isolation of a new isoflavone acetyl glucoside, 6"-O-acetylgenistin, from soybeans. *Agric. Biol. Chem.* 44(2):469-470.
44. Okubo, K., M. Iijima, Y. Kobayashi, M. Yoshikoshi, T. Uchida and S. Kudou. 1992. Components responsible for the undesirable taste of soybean seeds. *Biosci. Biotech. Biochem.* 56(1):99-103.
45. Partridge, J. E. and N. T. Keen. 1977. Soybean phytoalexins: rates of synthesis are not regulated by activation of initial enzymes in flavonoid biosynthesis. *Phytopathology* 67:50-55.
46. Peterson, G. and S. Barnes. 1991. Genistein inhibition of the growth of human breast cancer cells: independence from estrogen receptors and the multidrug resistance gene. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 179:661-667.
47. Pratt, D. E. and P. M. Birac. 1979. Source of antioxidant activity of soybeans and soy products. *J. Food Science* 44: 1720-1722.
48. Rao, A. V. and M. K. Sung. 1995. Saponins as anticarcinogens. *J. Nutr.* 125: 717S-724S.
49. Sei, M. W. and E. C. Henley. 1993. Nutritional aspects of isolated soy protein. "현대인의 건강을 위한 콩 단백질의 영양과 이용" 국제 심포지움 발표 논문집. pp 15-30.
- 한국식품과학회 · 한국콩연구회.
50. Setchell, K. D. R., S. P. Borriello, P. Hulme, D. N. Kirk and M. Axelson. 1984. Nonsteroidal estrogens of dietary origin: possible roles in hormone-dependent disease. *Am. J. Clinical Nutr.* 40:569-578.
51. Shamsuddin, A. M. 1995. Inositol phosphates have novel anticancer function. *J. Nutr.* 125:725S-732S.
52. Sirtori, C. R., M. R. Lovati, C. Manzoni, M. Monetti, F. Pazzucconi and E. Gatti. 1995. Soy and cholesterol reduction: Clinical experience. *J. Nutr.* 125:598S-605S.
53. Smit, G., V. Puvanarejah, R. W. Carlson, W. M. Barbour and G. Stacey. 1992. *Bradyrhizobium japonicum nod D_i* can be specifically induced by soybean flavonoids that do not induce the *nodYABCSTUJ* operon. *J. Biol. Chem.* 267 (1):310-318.
54. Suganuma, N. and S. Satoh. 1991. Contents of isoflavones and effect of isoflavones on root hair curling in non-nodulating(*rrj1rj1*) soybean plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 37(1):163-166.
55. Svododa, W. E. and J. D. Paxton. 1972. Phytoalexin production in locally cross-protected Harosoy and Harosoy-63 soybeans. *Phytopathol.* 62:1457-1460.
56. Takano, T., K. Takata, H. Tada, S. Nishiyama and N. Amino. 1993. Genistein, a tyrosine kinase inhibitor, blocks the cell cycle progression but not Ca²⁺ influx induced by bay K8644 in Fg₁-5 cells. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 190(3) :801-807.
- 57.塚本知玄. 1995. 大豆不快味配糖體成分の改變に關する遺傳育種學的研究. 日本東北大學大學院農學研究科 博士學位 論文.
58. Wang, G., S. S. Kuan, O. J. Francis, G. M. Ware and A. S. Carman. 1990. A

- simplified HPLC method for the determination of phytoestrogens in soybean and its processed products. *J. Agric. Food Chem.* 38:185-190.
59. Wang, H. and P. A. Murphy. 1994a. Isoflavone content in commercial soybean foods. *J. Agric. Food Chem.* 42:1666-1673.
60. _____ and _____. 1994b. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: Effects of variety, crop year, and location. *J. Agric. Food Chem.* 42:1674-1677.
61. 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. *Nut. Cancer* 20(1):1-12.
62. Wyman, J. G. and H. D. Van. 1977. Antibacterial activity of selected isoflavonoids. *Phytopathology* 68:583-589.
63. Xu, X., H. Wang, P. A. Murphy, L. Cook and S. Hendrich. 1994. Daidzein is a more bioavailable soymilk isoflavone than is genistein in adult women. *J. Nutr.* 124: 825-832.