

콩의 기능성

송 영 선

(인제대학교 의생명공학대학 식품생명과학부 및 식품과학연구소)

1. 서 론

1990년대 접어들면서 콩에 성인병을 예방하는 새로운 기능성 성분들이 존재한다는 것이 알려지게 되면서 국·내외적으로 콩에 대한 관심이 높아지고 있다. 미국을 중심으로 한 소위 서구 선진국들이 콩에 관심을 가지게 된 것은 서구인에게 많이 발생하는 심장병, 동맥경화, 전립선암, 유방암, 당뇨병, 골다공증과 같은 성인병이 콩을 많이 섭취하는 아시아권의 나라들(한국, 일본, 중국)에서는 상대적으로 낮다는 역학적 연구결과가 있었기 때문이다(Lee 등, 1991). 1994년 미국의 아리조나주 메사에서 개최된 제 1차 “성인병 예방과 치료를 위한 콩의 역할”이라는 심포지엄을 시작으로 2년마다 콩을 연구하는 학자들이 모여 콩의 생리기능에 관한 자료들을 발표하고 있다. 이러한 학술발표회를 통해 콩이 성인병 예방 및 치료에 효과적인 역할을 한다는 연구 결과가 보고되면서 콩이야말로 영양성과 질병예방기능을 동시에 가지는 새 천년의 인류 건강을 위한 최적의 식품이라는 주장이 나오고 있다(Holt, 1996).

우리나라의 주요 사망원인은 뇌혈관질환과 심장병, 암, 그리고 당뇨병인 것으로 조사된 바 있으며 여성에서는 유방암으로 인한 사망률이 가장 높은 것으로 나타났다. 이들 질병의 원인에는 유전, 환경 등 여러 가지가 있으나 지방질과 육류의 섭취가 증가하고 콩, 쌀 등의 전통식사체계가 위축되는 식사습관과 밀접한 관계가 있다고 사료된다. 세계 장수지역의 하나인 일본 오키나와의 노인(100세 이상)들을 대상으로 한 영양역학조사에서도 68%가 이틀에 한번 두부를 먹는 것으로 나타났으며(중앙일보, 2003), 오키나와 출신자 중 브라질과 하와이로 이주한 사람들의 식생활과 심혈관질환 위험인자를 분석한 WHO-CARDIAC Study에서는 하와이로 이주한 사람들보다 브라질로 이주한 오키나와 사람들에게서 심혈관질환 위험인자가 증가하였는데, 이는 콩을 많이 섭취하는 오키나와 전통식사를 대체한 브라질 이민자들의 육식 습관에 의한 것으로 밝혀졌다(Yamori, 1999). 현재 우리나라 국민 한사람이 하루에 먹는 콩의 양은 약 25 g 정도로 추산되나 fast foods를 즐기는 젊은 층의 콩 섭취량은 이보다 적을 것으로 생각된다. 따라서 콩의 섭취를 현재와 같은 수준으로 유지하거나 증가시키기 위해서는 전통적 방식이 아닌 새로운 개념의 콩식품 혹은 콩이나 성분을 이용한 기능성 식품의 개발이 필요하다. 따라서, 본고에서는 콩에 함유되어있는 생리활성성분의 생리적 효능과 이를 이용한 기능성식품의 국내외적 개발 현황을 고찰하고 이를 토대로 향후 기능성 콩식품의 발전 방향을 제시하고자 한다.

2. 콩의 생리활성 물질과 성인병 예방 및 치료 효과

콩에는 콩단백, 이소플라본, 식이섬유, 사포닌, trypsin inhibitor, 피틱산을 비롯한 여러가지 기능성 물질이 함유되어 있으며, 우리가 즐겨먹는 콩발효제품에는 콩이 가진 영양성과 기능성이외에도 발효 미생물에 의해 생성되는 2차적 대사산물로부터 다양한 생리활성이 기대되어진다(Setchell 1999, Song 등, 2001).

콩단백의 생리활성

콩 단백질이 동물성 단백질(카제인)에 비해 콜레스테롤 저하효과가 현저하다는 것은 동물실험이나 임상실험을 통해서 분명하게 밝혀진 바 있다(Fig. 1). 콩단백질이 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 기작으로는 콩단백질의 섭취가 변으로의 담즙산 배설을 증가시켜 혈장 콜레스테롤 농도를 저하하고 체내 콜레스테롤 pool을 감소시키거나(Tanaka 등, 1984), 혈중 glucagon/insulin 비를 감소시키거나(Potter, 1995), 갑상선 호르몬인 티록신 농도를 증가시켜 혈중 중성지방 및 콜레스테롤 농도를 낮추거나(Forsythe, 1995), 특정 아미노산의 비율(Lys : Arg)이 혈장 콜레스테롤 농도를 감소시키는 때문이라고 설명되고 있다(Milner and Hassan, 1981). Proteomics를 이용한 최근의 연구에서 콩단백의 7S획분이 손상되지 않은 상태로 간세포의 세포질에서 나타나서 LDL 수용체 발현을 자극하는 것으로 확인된 바 있다(Paine, 2003). 한편, 미국의 FDA는 “하루 25g의 콩단백질 섭취는 순환기 질환을 예방할 수 있다”는 문구를 콩 제품에 부착할 수 있도록 허용하였다(FDA, 2000). 또한 콩 단백질의 섭취는 당뇨동물에 있어서 혈액 중성지방 및 LDL-콜레스테롤 농도를 감소시키고 동맥의 LDL농도를 감소시키고 혈장과 간의 지질 과산화물 농도를 감소시키며, 간 조직의 superoxide dismutase(SOD) 활성을 증가시켜 당뇨 합병증 예방에 도움이 되는 것으로 사료된다(Wagner 등, 2000).

이러한 콩단백의 콜레스테롤 저하효과와 그 기작에 관한 지금까지의 연구들은 비가열 분리 콩단백질(soy protein isolate)을 장기간 섭취한 동물의 질식상태에서의 lipid profile이나 콜레스테롤 대사를 중심으로 연구되어져 왔다. 그러나 규칙적인 식사를 하는 인간은 질식상태보다는 오히려 식후상태로 더 오래 지속되고 있다고 할 수 있으므로 식후상태에서의 혈장 콜레스테롤이 동맥경화 유발에 중요한 한 요인이 될 수 있다. 콩단백의 섭취가 식후 콜레스테롤 대사에 작용하는 기작에 대해 알아보기 위하여 7주간의 실험식이를 섭취한 S.D. 흰쥐에 5g의 해당 식이를 섭취시키고 2시간 후의 식후 혈장, 지단백 조성 및 콜레스테롤 합성효소 활성, 소장 소화효소 활성 및 호르몬 농도를 조사하였다. 대조군은 동물성 단백질인 casein을 급식한 군으로 하였다. 혈장 내의 콜레스테롤과 인지질 농도는 콩가루섭취군에서 낮았으며, 단백질과 중성지방의 농도는 두 군간에 차이가 없었다(Table 1). 특히 chylomicron/VLDL-콜레스테롤 농도가 콩가루군에서 유의적으로 낮았다(Table 2). HMG CoA reductase 활성은 실험군간에 차이가 없었으며 T₃와 T₄의 농도는 콩가루 섭취군에서 casein군보다 다소 높았다. 소장에서의 소화효소 활성

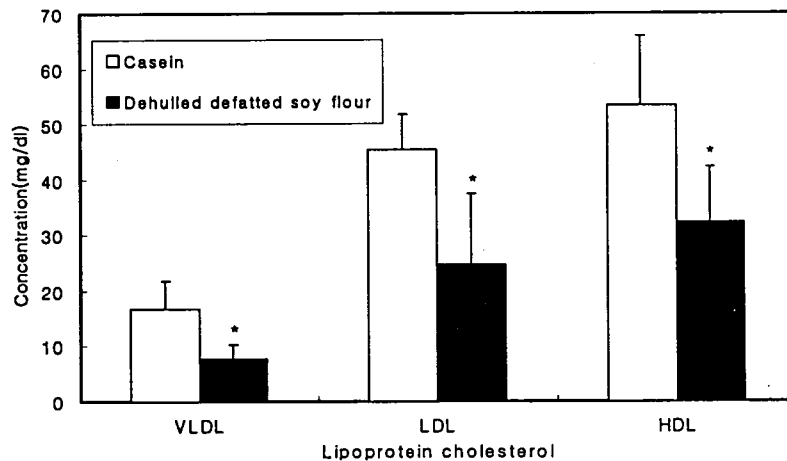


Fig. 1. Plasma lipoprotein cholesterol concentration in rats fed casein diet or dehulled defatted soy flour diet. * p<0.05

중 trypsin과 amylase 활성은 casein군에 비해 콩가루 섭취군에서 유의적으로 낮게 나타났고, lipase 활성은 콩가루군에서 유의적으로 높게 나타났다. 이상의 결과를 통해 볼 때 콩가루식은 식후상태에서의 콜레스테롤 흡수에 영향을 미쳐 chylomicron-콜레스테롤 농도를 낮추거나 chylomicron remnant의 대사에 영향을 미치는 것으로 보인다. Glucagon이나 T₄ 등의 호르몬이나 HMG CoA reductase 활성 등은 콩가루를 섭취한 흰쥐의 식후 lipid profile에 영향을 미치는 것으로 보이지 않는다(한 등, 1998).

우리가 즐겨먹는 콩에는 흰콩과 검정콩이 있는데, 흰콩은 된장, 고추장, 간장 등의 콩발효제품에 이용되어 대량 소비되지만, 검정콩은 콩조림이나 밥밀콩으로 소량 소비되고 있다. 특히 검정콩은 약콩이라 하여 민간에 전해 내려오는 약리 효과로 주목받고 있다. 따라서 흰콩과 검정콩의 섭취가 지질대사에 미치는 영향을 비교하기 위하여, 흰콩과 검정콩을 껍질 채 분쇄하여 흰쥐에 7주간 급여하고, 혈액과 간의 지질농도와 분변으로의 지질배설능에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 혈장 콜레스테롤의 함량은 대조군에 비해 콩섭취군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 간에서의 중성 지질의 함량은 대조군에 비해 흰콩군과 검정콩군이 유의적으로 낮게 나타났다. 분변 중의 중성 지방과 총지방 함량은 대조군에 비하여 흰콩군과 검정콩군에서 유의적으로 높게 나타났으며, 특히 대조군의 6배에 해당하는 양의 중성 지방이 분변 중으로 배설되었다. 담즙산의 배설량은 대조군에 비해 흰콩군과 검정콩군에서 5배 정도로 많은 양을 배설하였다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 흰콩과 검정콩의 섭취는 중성 지방과 담즙산의 배설을 증가시킴으로써 체내 지질 농도를 낮추며 흰콩과 검정콩의 콜레스테롤저하효과는 차이가 있는 것으로 보이지 않는다(고 등, 1998). 그러나 검정콩은 흰콩에 비해 항산화능이 높고 노화억제효과 및 항암효과가 뛰어난 것으로 나타났다(김 & 김, 1997).

Table 1. Postprandial plasma cholesterol, triglyceride, phospholipid and protein concentrations in rats fed casein diet and dehulled defatted soy flour diet.

	Casein	Dehulled defatted soy flour
Total cholesterol(mg/dl)	224.7±77.8 ¹⁾	129.3±42.6 ^{***}
Triglyceride(mg/dl)	134.4±55.5	116.2±35.4
Phospholipid(mg/dl)	313.9±22.2	197.9±73.2 ^{**}
Protein(g/dl)	5.3±0.9	5.6±0.9

¹⁾ Values are Means±SD(n=10). ** : p<0.05, *** : p<0.001

Table 2. Postprandial plasma lipoprotein cholesterol concentrations in rats fed casein diet and dehulled defatted soy flour diet.

	Casein	Dehulled defatted soy flour
Chylomicron/VLDL(mg/dl)	132.3±12.7 ¹⁾	59.4±3.6 ^{**}
LDL(mg/dl)	55.4±24.3	38.5±13.5
HDL(mg/dl)	33.4±11.3	27.8±12.0

¹⁾ Values are Means±SD(n=10). ** : p<0.05

콩펩타이드의 생리활성

콩단백의 콜레스테롤 저하효과는 콩에 함유되어 있는 소수성 펩타이드의 담즙 흡착능에 의한 것이라고 보고된 바 있다. 대두분리단백을 증류수에 용해시킨 후 endo type 단백분해효소를 처리하여 50℃에서 4시간 반응시켜 12,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 침전물과 상등액을 분리하여 침전물을 증류수로 2회 세척한

후 70℃에서 진공건조하여 4% 농도로 고콜레스테롤 식이에 첨가하여 SD rat에 6주간 공급한 결과, 혈장 중성지방은 42%, 콜레스테롤농도는 26% 감소하였으며, HDL-콜레스테롤은 변화를 보이지 않았다(김 & 박, 2001). 한편, 콩 가수분해물에서 분리한 한외여과 펩타이드(ultrafiltered peptides)가 자발성 고혈압 흰쥐에서 혈압 강하 효과를 나타낸다고 보고되었다(Yu 등, 1996). 이는 혈중 총 콜레스테롤 및 중성지방 등의 지질 개선효과와 흉부동맥의 angiotensin I converting enzyme(ACE) 활성 저해작용을 통해 발현되는 것으로 추정되었다. 간장과 된장, 그리고 콩 가수분해물에서 유래된 여러 펩타이드들이 ACE의 저해제로 작용함으로써 혈압 강하효과를 나타낸다고 보고되었다(Shin 등, 1995).

콩겉질(식이섬유)의 생리활성

심장병과 같은 순환기계 질병의 이환율이 높은 서구에서는 Burkitt와 Trowell이 「dietary fiber hypothesis」를 발표한 이래로 식이섬유의 효능에 많은 관심을 가져왔다. 특히 식이섬유의 hypocholesterolemic 효과는 여러 연구자들에 의해 보고되어졌으며, 콜레스테롤 대사에 있어서의 식이섬유의 역할에 대한 연구도 많이 행해지고 있다. Oat bran, wheat bran, rice bran, sunflower hull 등과 같은 식품의 섭취가 동물의 지질대사에 주는 영향을 조사한 연구들과, Soy fiber의 hypocholesterolemic effect 또한 여러 연구자들에 의해 보고되었다. 콩제품 가공시의 부산물로 생산되는 콩겉질에는 식이섬유가 많아(70%) 콜레스테롤을 저하하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 식이섬유가 많이 함유되어 있는 콩겉질의 생리활성과 이용가능성을 알아보기 위하여 흰쥐에 무섬유 식이와 콩겉질 10% 첨가식을 7주간 급여하고 콜레스테롤 대사에 미치는 영향을 공복상태와 식후 상태에서 조사한 결과, 콩겉질의 섭취는 혈장 콜레스테롤 농도를 16% 감소시키는 효과를 보였다(고 등, 1998). 콩 겉질 식이는 분변의 무게를 증가시키고, 총지방과 담즙산의 배설을 증가시킴으로써 콜레스테롤과 지질의 흡수를 방해하여 분변으로의 배설을 증가시켜 혈장과 간의 콜레스테롤 농도를 저하시킨 것으로 사료된다. 콩식이섬유의 콜레스테롤 저하효과는 토끼와 C57BL/6 생쥐에서도 확인된 바 있다(Hundemer 등, 1991, Kritchevsky 등, 1981).

Table 3. Content of dietary fiber in soy hull(%).

Soy hull	Wet weight basis	Dry weight basis
TDF ¹⁾	65.17	70.35
IDF ²⁾	56.64	61.15
SDF ³⁾	8.52	9.20

- 1) Total dietary fiber
- 2) Insoluble dietary fiber
- 3) Soluble dietary fiber

Table 4. Plasma cholesterol, triglyceride, phospholipid and protein concentrations in rats fed fiber-free diet and 10% soy hull diet(mg/dl).

	Cholesterol	Triglyceride	Phospholipid	Protein
Fiber-free	164.30±13.53 ¹⁾	96.30±27.47	202.97±64.89	263.97±20.49
Soy hull	136.93±15.18*	74.07±19.08	228.39±78.00	248.20±18.75

1) Values are MEAN±SD(n=10).

* p<0.05

포도당의 경우 혈당지수가 100인데 비해, 혈당지수가 18 정도인(Jenkins, 1980) 콩은 식후 혈당 조절에 아주 좋은 식품이며 여러 연구를 통해 콩의 혈당 저하효과가 입증되었다. Streptozotocin을 투여하여 당뇨를 유발한 흰쥐에게 콩 또는 청국장을 함유한 식이를 단기간 섭취시킨 경우, 식후 혈당치 증가를 완만하게 하였다(권 등, 1998). 이는 콩 및 청국장이 소장에서 탄수화물 소화효소(α -glucosidase)의 활성을 저해하고, 콩 및 청국장의 가용성 식이섬유가 식이의 소화관내 이동 속도를 느리게 하기 때문인 것으로 사료된다. 한편 콩껍질에는 식이섬유 뿐만 아니라 이소플라본이나 안토시안 색소 등을 함유하고 있어 다양한 생리적 효과가 기대되는 콩껍질을 식품으로 이용하는 방안이나 콩 전체를 이용하는 방안을 마련하여 콩의 유효 활성성분을 섭취하는 동시에 폐기물을 줄일 수 있도록 애써야 할 것이다.

피니톨의 생리활성

피니톨(Pinitol)이란 소나무를 뜻하는 'pine'이라는 단어에 당알코올을 뜻하는 '-ol'의 합성어이며, 피니톨과 유사한 물질로는 카이로이노시톨(Chiro-inositol)과 마이오이노시톨(Myo-inositol)이 있다. 사람이 피니톨을 복용하면 장에서 흡수되어 체내에서 카이로이노시톨(Chiro-inositol)이라는 물질로 바뀌는데 모두 혈당조절을 도와주는 기능을 가지고 있다고 한다(Fig. 2). 피니톨의 혈당강하효과를 알아보기 위해 제 2형 당뇨병자에게 매일 1.2g의 피니톨을 3개월간 복용시켰을 때 공복혈당을 개선하고 당화헤모글로빈 및 frctosamine 농도를 감소시켰으며, 따라서 피니톨은 당뇨병의 치료 및 합병증 예방효과가 우수하다고 보고된 바 있다(김 & 신, 2002). 150여종의 국내식물자원의 피니톨 및 그 유도체의 함량을 조사해본 결과 피니톨 및 그 유도체는 특히 콩과류 식물과 소나무에 많이 들어있는 것으로 나타났으며, 우리가 가장 쉽게 접할 수 있는 식물자원인 콩의 경우 1 Kg 당 피니톨과 그 유도체가 평균 약 4.4 g 들어 있으나 30% 정도가 피니톨로 존재하고 나머지 70%는 다른 유도체 형태로 존재하기 때문에 우리나라 성인의 평균 하루 유효섭취량인 1.2 g의 피니톨을 섭취하기 위해서는 매일 약 900 g(반 되)의 콩을 먹어야 한다. 대두 중의 피니톨 함량은 산지에 따라 차이가 나는데 일반적으로 건조한 기후에서 자란 콩에 피니톨 함량이 높다고 한다(www.pinitol.co.kr).

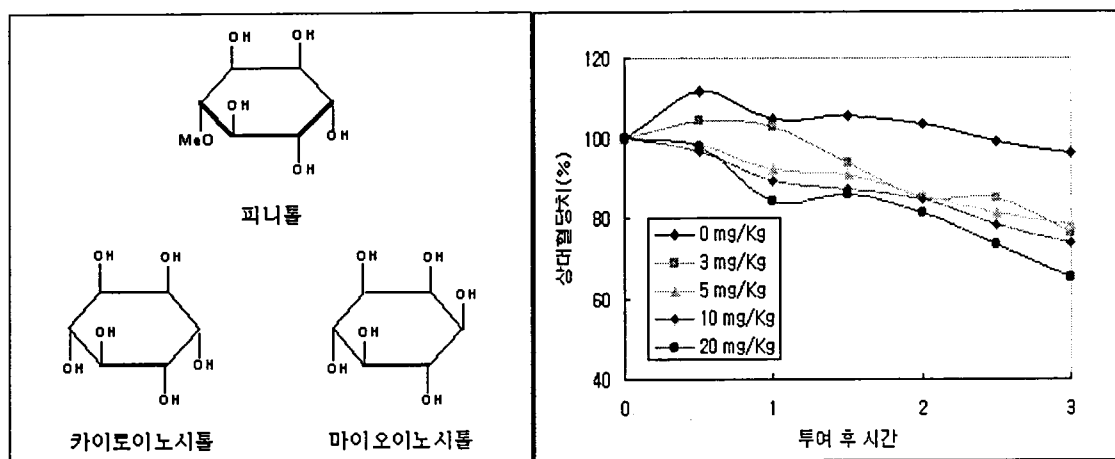


Fig. 2. Structure of pinitol and postprandial hypoglycemic effect of pinitol in rats

콩이소플라본의 생리활성

콩에 들어있는 생리활성 물질 중 최근 가장 주목을 받고 있는 것이 이소플라본일 것이다. 이 성분은 특히 유방암과 전립선암의 억제효과와 폐경기여성에서 관찰되는 골다공증을 예방한다는 것이 여러 연구에서 증명되고

있다. 최근 미국의 한 연구결과에 의하면 발암물질을 투여한 흰쥐에게 이소플라본을 먹었더니 유방암이나 대장암 발생률이 놀라울 정도로 감소되는 것이 관찰되었다. 특히 이소플라본을 섭취하는 시기가 유방암예방에 중요한 인자로 여겨지고 있는데, 유선조직이 발달되기 시작하는 사춘기이전에 콩이나 이소플라본을 함유한 식품을 충분히 섭취하게 되면 유선조직 가운데 분화된 세포의 비율이 증가하게 되는데, 이러한 분화가 완결된 세포는 암세포로 전환되기가 어렵다고 한다. 따라서 사춘기 이전에 이소플라본을 섭취하는 것이 유방암을 예방하는데 효과적이라고 알려져 있다(Lamartiniere 등, 2002). 미국으로 이민을 온 일본인들을 대상으로 한 역학조사에서도 어린 시절에 이민 온 사람들에 비하여 나이가 들어 이민 온 사람들이 유방암 발생률이 낮은 것으로 나타나 왔으며, 미국으로 이민 온 사람들 가운데서도 두부와 같은 콩 가공 식품을 많이 섭취하는 사람들이 유방암 발생률이 현저히 낮은 것을 확인하였다. 또한 소변으로 배설되는 이소플라본 함량도 일본 현지인들 보다 미국으로 이민 온 사람들이 현저히 낮은 것으로 확인되었다(Adlercreutz 등, 2002).

콩 또는 이소플라본이 유방암을 예방하는 메카니즘은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나, 인체 내 호르몬 농도나 월경주기를 변화시키는 것과 연관이 있을 가능성이 있다. 예를 들어, 이소플라본은 간(肝)세포에 작용하여 성호르몬운반단백질(sex hormone binding globulin)이라고 하는 에스로젠과 같은 성호르몬과 결합하는 단백질의 생산을 촉진하는 것으로 알려져 있는데, 이러한 단백질의 영향으로 실제로 세포 내로 이동할 수 있는 유리형태의 혈중 성호르몬 농도가 낮아짐으로서 유선조직의 돌연변이 된 세포가 악성종양 세포로 진행되는 것을 억제하는 것으로 생각할 수 있다. 이외에도 이소플라본의 암예방활성 메카니즘과 관련하여 많은 이론들이 제시되었다. 특히, 암세포 분열에 필수적인 tyrosine kinase와 topoisomase 그리고 여러 신호전달관련 단백질의 활성을 저해하는 것이 주요 암예방 메카니즘으로 보는 견해가 아직도 많은 연구자들의 지지를 받고 있다(Akiyama 등, 1987). 한편 콩에 함유된 이소플라본(diadzein)은 대장 장내세균에 의하여 일부가 equol로 전환되는 것이 알려져 있는데, 이 물질은 최근 유방암을 억제하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Rowland 등, 2000). 따라서 equol을 생산할 수 있는 사람이 콩을 섭취할 때 암 예방 효과가 크다는 주장이 있다(Paine, 2003). 채식주의자들은 혈중 equol 농도가 높으며, 고지방식사를 주로 하는 사람들은 이 물질의 농도가 낮다고 한다. 혈중 equol 농도는 개인별 장내 균총에 따라 크게 다른 것으로 알려져 있는데(영국인의 경우 36%가 equol 생산능력이 있는 것으로 보고됨), 일반적으로 탄수화물 식이를 위주로 하는 사람의 대장에서 그 생산능력이 높은 것으로 보고되었다.

콩에는 이소플라본 외에도 암예방활성을 나타내는 성분들이 존재하는 것으로 보고되었다. 대표적인 화합물로 트립신 저해제(trypsin inhibitor), 피틴산(phytic acid), 사포닌(saponins), 베타-시토스테롤(beta-sitosterol), 식이섬유, 올리고당 등이 인체의 대장암을 비롯한 여러 종류의 암을 예방하는 것으로 추정하고 있으나(Kennedy 등, 1995, Awad 등, 1996) 콩속에 함유되어 있는 양이 적고 그 효과도 이소플라본보다 우수하지 않은 것으로 보인다.

1999년 11월 미국의 Washington D.C.에서 열린 제 3차 국제 콩 심포지엄에서는 콩단백에 함유되어 있는 이소플라본이 콜레스테롤을 저하시키는 주된 성분이라는 연구 결과가 발표되어 관심을 끌었다. 즉, 젊은 여성에게 하루 45mg의 이소플라본을 섭취시켰을 때 총콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤 농도가 현저하게 저하하였다는 것이다(Clarkson, 1999). WHO-CARDIAC Study 역시 소변으로의 이소플라본 배설 수준과 심질환 발병률과는 반비례의 관계에 있음을 확인하였다(Yamori, 1999). 그러나 지금까지의 연구결과를 종합해볼 때, 이소플라본은 콜레스테롤을 저하하는 기작이 아닌 다른 기작으로 순환기계질환 예방에 기여하는 것으로 것이다. 즉, 이소플라본이 내피세포에서 nitric oxide의 생성을 자극하여 혈관을 확장시킴으로써 혈압을 낮추는 작용을 한다고 하며(Teede 등, 1999). 염증성 대식세포에서는 NFkB 활성 조절을 통한 nitric oxide와 프로스타글란딘 E₂의 생성을 억제하고 산화적 스트레스를 약화시키는 효과가 있는 것으로 나타났다(최춘연 등, 2002).

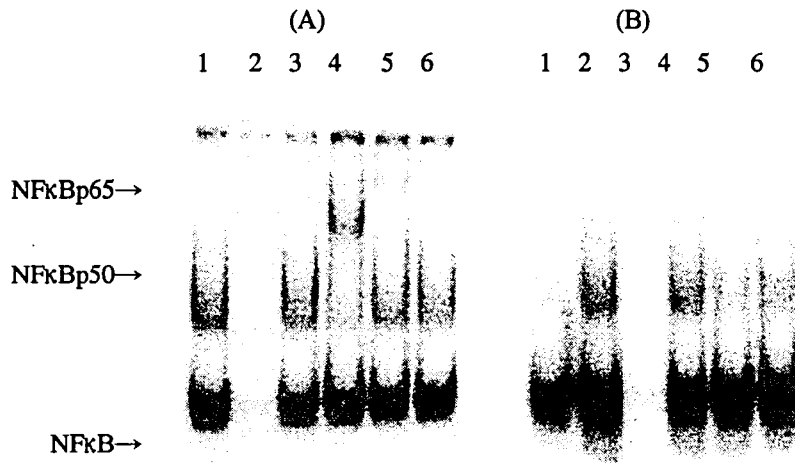


Fig. 3. Effect of genistein on NF-kB activity in LPS-stimulated RAW264.7 cell. (A) The LPS-induced NF-kB complex comprises p50 and p65. Lane 1=Nuclear extract(N.E.) from RAW cells treated with LPS ; Lane 2=N.E. incubated with 100-fold NF-kB specific oligonucleotide; Lane 3=N.Es incubated with nonspecific oligonucleotide sp-1 ; Lanes 4-6=N.E with anti-p50, anti-p65, and normal rabbit serum, respectively. (B) Lane 1=Untreated, Lane 2=Control, Lane 3=Control+cold, Lane 4-6=Genistein 20µM, 50µM, 100 µM, respectively.

콩과 콩제품은 뼈를 보호하고 갱년기 증상 및 골다공증의 예방과 치료에 도움이 되는 것으로 알려져 있는데, 이는 콩에 이소플라본(제니스타인과 다이제인)과 이들의 유도체가 여러 종류 존재하기 때문이다. 이 이소플라본은 식물성 에스트로젠(phytoestrogen)이라고도 불리는데, 그 이유는 이소플라본이 체내 호르몬인 에스트로젠과 유사한 화학 구조를 가지고 있고, 유사한 기능을 하기 때문이다. 즉, 폐경기로 인해 체내 에스트로젠이 부족할 때 이 식물성 에스트로젠을 투여하면 체내에서 약한 에스트로젠기능을 수행하기 때문에 골다공증을 개선할 수 있는 것이다. 즉, Lydeking-Olsen 등(2002)이 폐경기 여성에게 이소플라본 80 mg/일을 제공하는 두유를 2년간 섭취시킨 결과, 척추의 미네랄 밀도가 증가되었다. 이 결과를 equol 생산자와 비생산자로 나누어 비교하였을 때 equol 생산자에서 뼈 손실감소효과가 우수하였다고 한다(Paine, 2003).

발효콩제품의 생리활성

우리나라에서는 콩을 다양한 형태로 발효시켜 섭취하는 경우가 많다. 특히 청국장은 콩을 충분히 가열 처리한 후 다시 미생물의 작용으로 조직을 연화시켜 소화성을 높인 단기 발효식품이다. 따라서 청국장은 숙성과정 중 단백질이 저분자의 펩티드로 변화할 뿐만 아니라 미생물에 의해 새로운 물질이 생성될 수 있는 가능성도 있으므로 콩이 가진 영양성과 기능성 이외에도 새로운 생리활성 가능성이 기대된다. 나이가 들어갈수록 혈압이 높아지는 자발성 고혈압 흰쥐(spontaneously hypertensive rat : SHR)에 청국장을 투여하고 혈압변화에 미치는 영향을 비교한 결과, 대조군의 경우 최종혈압이 초기혈압보다 8% 가량 증가되었으나 전콩 섭취군에서는 실험기간 동안 혈압이 상승되지 않고 초기 혈압을 유지하였으며 4주 이후에는 대조군에 비해 유의적으로 낮은 혈압치를 보였다. 청국장 섭취군에서는 혈압이 감소하기 시작하여 실험 4주에 대조군과 전콩군에 비해 유의적으로 감소하였으며 해당식이를 섭취한 6주 후의 혈압은 대조군에 비해 전콩과 청국장군에서 모두 낮았다. 본 실험의 결과로 미루어 볼 때 콩의 혈압상승 억제효과는 전콩과 청국장으로 섭취될 때도 나타나며 특히 발효된 청국장으로 섭취하는 경우, 전콩에 비해 단기적인 혈압 강하효과가 우수한 것으로 나타난 것은 청국장으로 발효되는 과정 중에 생성 혹은 분해되는 물질에 의한 혈압강하효과를 제시하는 것이라 하겠다.

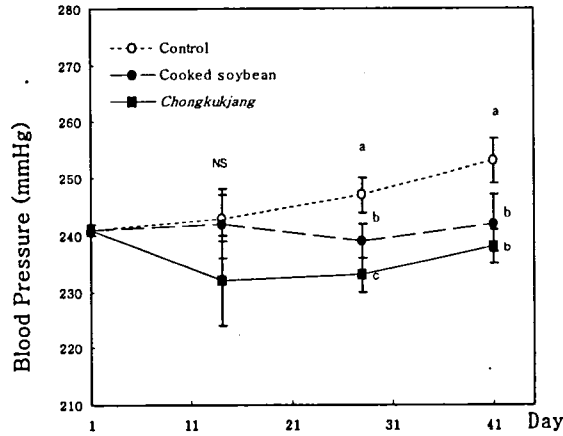


Fig. 4. Blood pressure changes in SHR fed cooked soybean and *chongkukjang* diets. Values in columns with different alphabets are significantly different among groups ($p < 0.05$). NS : not significant

콩과 간장, 된장, 고추장, 청국장 등 발효 제품들의 혈전 용해능을 비교한 결과, 전통 된장과 전통 청국장 물추출물에서 높은 혈전 용해능이 나타났다. 혈전용해능이 원료인 콩에는 나타나지 않다가 된장이나 청국장에서 나타나는 것으로 미루어 볼 때 혈전용해물질은 발효되는 과정에서 미생물에 의해 생성되는 효소임이 밝혀진 바 있다 (김용택 등, 1995). 청국장의 단기간 섭취 시 식후 혈장에 혈전용해활성이 나타나는 가를 알아보기 위하여 고혈압 쥐에 청국장 물추출물을 섭취시키고 시간에 따른 혈전용해활성을 살펴보았다. 청국장 투여군의 경우, 14시간 이상 절식시킨 자발성 고혈압쥐(SHR)에 청국장 물 추출물을 체중 Kg당 18unit의 혈전용해능에 해당되는 양을 경구투여 하였다. 대조군은 동일한 양의 증류수를 투여하였다. 섭취 0, 0.5, 1, 2, 4시간에 희생시켜 혈액과 소장 내용물을 취하고 혈전용해활성과 protease 활성을 측정하였다. 소장내용물의 protease활성은 청국장 투여 후 30분에서 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 2시간 이후부터는 대조군과 크게 다르지 않았다. 청국장을 투여한 고혈압 흰 쥐의 혈전용해능은 투여 1시간 후 가장 높은 혈전용해효소활성을 보였다(Fig. 14).

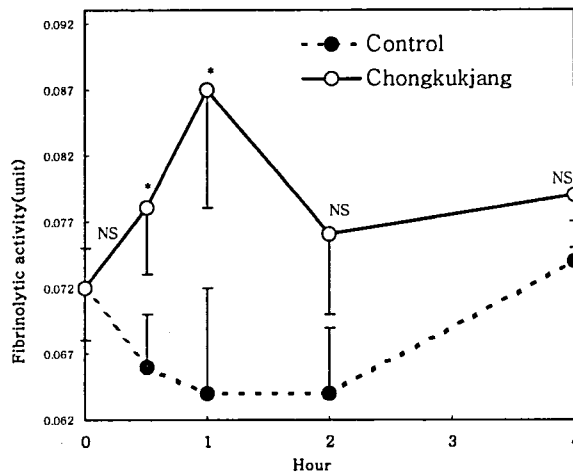


Fig. 5. Postprandial fibrinolytic activity of rats fed water extract of *chongkukjang*. 1 Unit of fibrinolytic activity is equal to the amount of dissolved aqueous phase by plasmin.

또한 고혈압 환자에 청국장을 동결건조하여 semipurified diet에 보충하여 투여한 결과 혈전용해능은 투여 1시간 후 가장 높은 활성을 보였으며, 이러한 사실로 미루어 볼 때 청국장의 혈전용해단백질은 장내에서 흡수되어 그 활성을 나타내는 것으로 사료된다. 또 장기간의 청국장 섭취는 청국장을 먹지 않은 군에 비해 plasminogen 수치가 40%나 증가하였다(양정례, 2001). 이상의 결과는 청국장의 장기간 섭취가 혈장 plasminogen의 농도를 증가시켜 혈전 용해효과를 증가시킴을 시사한다.

3. 바람직한 콩의 섭취량

우리나라 사람들에게는 1인당 연간 10 kg의 콩이 공급되고 있는 것으로 알려져 있으며, 따라서 국민 1인당 1일 콩 섭취량은 약 25 g이 될 것으로 추정된다. 이는 이소플라본 25mg에 해당하는 양인데, 다양한 가공 형태로 섭취하는 것을 고려하면 이 보다 적은 양이 될 것으로 추정된다. 임상실험에서 이소플라본이 생리적 효과를 나타내기 위해서는 하루 섭취량이 최소 1인당 50 mg이상이어야 한다고 한다. 이를 위해서는 현재 섭취하고 있는 수준의 2배 정도의 콩을 먹어야만 한다는 계산이 된다. 이 값은 3 가지의 근거로부터 추론되었다. 첫째, 콩은 쌀에 부족한 아미노산인 라이신(lysine)을 보충해 주고 쌀은 콩에 부족한 메치오닌(methionine)을 보충해 줄 수 있는데 7.5%의 단백질을 함유하는 쌀과 40%의 단백질을 함유하는 콩의 섭취비율을 5 : 1로 하였을 때 쌀을 주식으로 섭취하는 국민들의 아미노산가가 거의 달걀 단백질 수준으로 개선될 수 있다는 근거가 있다. 둘째는 미국 FDA에서 1 serving size 당 6.25 g의 콩단백을 함유한 콩제품에 표기하도록 한 “하루 25 g의 콩단백 섭취는 순환기계 질환을 예방할 수 있다”(FDA, 2000)는 사실에 근거하였다. 즉 하루 25 g의 콩단백은 약 60 g의 콩 섭취로부터 가능하기 때문이다. 셋째, 콩단백 이외에 다양한 생리활성을 가지고 있는 이소플라본의 섭취수준을 고려한 것이었다. 이소플라본은 콩 1 g 당 약 1 mg 수준으로 함유되어 있다. 생리활성을 나타낼 수 있는 이소플라본 수준에 대해서는 아직 명확한 기준은 없으나 혈액에서 1 uM 농도의 이소플라본은 다양한 생리활성을 나타낼 수 있으며, 이 농도의 이소플라본은 약 50 g의 콩 섭취로 얻어질 수 있다는 보고에 근거하였다.

4. 국내·외의 기능성 식품 개발 현황

지금까지 발표된 콩 및 콩 콩 성분의 여러 가지 질병예방 효과를 고려하면 콩의 섭취를 증가시키는 것이 영양학적 이유에서뿐만 아니라 국민건강 증진 및 질병 예방차원에서 권장할 만하다고 생각된다. 미국의 FDA는 하루 25 g의 콩단백 섭취는 순환기질환을 예방하는데 효과적이라는 문구를 1회 섭취량이 6.25 g인 콩제품에 표기할 수 있도록 허용하였다. 이러한 발표 이후 미국의 식품제조회사들은 자사 제품에 콩을 첨가하기 위해 다각도로 노력하고 있으며, tofu burger, soy protein shake, soy ice cream, soynuts, soy cheese, soy protein bar 등이 개발되어 시판되고 있다. 이러한 노력에 힘입어 미국시장에서의 콩제품 판매액은 1992년 8억불, 2000년 27억불에서 2001년 32억불로 신장하였다. 2001년 콩제품시장의 매출액을 비교해보면 식사대용음료 및 가루(meal replacement beverages and powders)가 24%로 가장 높았고 energy bar가 21%, 두유가 17%, 육류대용품이 14%, 두부가 7% 그리고 cold cereal이 4%로 조사되었다. 그 외에도 두유 요구르트, 치즈대용품, 냉동디저트 등이 인기를 끌고 있다. 2001년 새로이 개발된 콩제품은 800여가지가 넘으며 자연식품시장에서의 콩제품 판매율은 2000년에 비해 12% 증가하였고 건강식품 시장에서는 5.5% 증가한 것으로 나타났다. 2003년 미국 콩제품시장의 분석에 따르면 두유와 육류대용품은 포화된 것으로 보이고 앞으로는 “smoothies” 나 음료, bars 및 아침식사용 시리얼이 더욱 성장할 것으로 사료된다. 식이보충제로 이용되고 있는 이소플라본의 판매량은 2002년 3400만불까지 신장되었고 앞으로는 식품첨가물로 이용될 수 있는 가능성도 전망되고 있다

(Wrick, 2003).

2000년 일본의 기능성식품(특정 보건용 식품; food for specific health uses; FOSHU) 시장 규모는 약 230억 달러였다. 현재 일본의 보건성에 의해 승인 특정 보건용 식품에는 17가지의 형태에 44가지의 성분들을 이용한 167가지가 있다. 그중 콩을 이용한 식품에는 콩단백을 이용한 소세지, 햄버거 제품이 7종이 있으며, 이소플라본은 일본에서 부소재로 널리 이용되어 왔기 때문에 정제, 드링크, 일반 식품 등에 널리 이용되어 왔다. 최근 소비자들의 칼슘에 대한 관심이 증가하면서 칼슘과 이소플라본을 배합한 신제품이 개발되고 있다. 이소플라본을 주소재로 이용한 건강보조식품에는 1997년 발매된 콩 이소플라본과 감자녹말 유래의 칼슘을 배합한 '후지후라본칼가드'가 효시로 꼽힌다. 이후 이소플라본과 기능성 성분을 배합하여 만든 제품들이 판매되고 있으며 대부분 갱년기 이후 여성의 골다공증 예방을 목표로 판촉활동을 하고 있다. 또한 건강차 분야에서도 콩 관련 차제품에 대한 관심이 증가하여 라이프 메이트(주)에서 만든 오카라(비지)차, 후지코(주)에서 개발한 건강지향형 청량음료 '大豆芽 茶' 등이 인기를 끌고 있다.

국내 건강보조식품 시장의 규모는 1995년 9,700억 원의 매출을 기록하였으나 IMF를 거치면서 1998년에는 6,200억 원으로 매출이 감소하였다가 2000년 1조 500억으로 상승하였다. 2002년도 건강보조식품 시장은 1조 3천 5백억 규모로 예상되었다. 현재 우리나라 식품공전에 수록되어 있는 건강보조식품의 품목은 24가지로 콩이나 특정 콩 성분을 포함하는 품목은 없으나 단백질과 기타 식품가공에 이용되고 있다. 한편 2000년도 우리나라 기능성식품의 생산규모는 국내매출 3조 5,000억 원, 수출 9,735 만 불을 달성한 것으로 집계되었다. 그중 콩이나 콩 성분을 이용한 기능성 식품의 매출규모는 정확히 알 수 없으나, 기능성식품의 정의를 건강보조식품, 강화식품, 특수영양식품의 범위까지 포함하는 광의로 해석하면 그 규모가 상당할 것으로 사료된다.

국내에서의 콩을 이용한 기능성식품의 효시는 유당불내증 치료를 위한 두유라고 할 수 있다. 이후 콩의 성인병 예방 효과가 과학적으로 증명되면서 콩식품이 새로운 건강식품으로 떠오르고 있다. 2000년 콩팍타이드 분말과 콩기름을 이용한 '콩라면' '매운콩라면'이 출시되어 소비자들의 주목을 받았으며 된장 추출물을 가미하여 고유의 된장 맛을 풍기는 제품도 개발된 바 있다. 최근 소비자들의 식물성식품에 대한 선호도에 힘입어 두유 제품이 더욱 다양화하고 있고 시장의 규모도 커지고 있다. 1980년대에는 '식물성 우유'라고 불리며 800억 원 대의 시장을 유지하던 두유시장이 90년대 다소 위축되었다가. 최근 새로운 기술의 개발과 고객층을 세분화한 기능성 두유의 등장으로 시장이 급성장하여 2002년에는 2001년 대비 25% 성장한 2,000억 원의 매출을 기록하였다. 새로이 선보인 제품들의 특징은 칼슘강화, 검정콩 사용, 그리고 콩 전체를 이용한 제품 및 연령에 맞는 영양소 권장량을 고려한 맞춤형 제품이라는 점이다.

식품관련 특허 출원은 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 91-99년 사이에 출원된 식품관련 출원 내용 중 식품 첨가물이 979건으로 전체의 10.1%, 두류 식품은 682건으로 전체의 7.1%를 차지하였다고 보고되었다. 최근에 출원된 내용을 살펴보면 효능이 알려진 활성성분을 식품에 첨가하는 방법이나 생리활성성분 함량을 증가시키거나 흡수되기 쉬운 형태로 전환하는 기술로 제조한 제품, 그리고 새로운 개념의 제품 개발 등이 시도되고 있다.

5. 기능성식품 개발의 방향 및 전망

현재 우리나라 국민 한사람이 섭취하는 콩의 양은 약 25 g 정도이므로 생리적 효능을 기대하기 위해서는 지금보다 2배의 콩을 섭취해야 한다. 그렇다면 어떻게 콩의 소비를 증진시킬 것인가? 전통적인 방식으로 콩을 섭취하는 방법은 거의 포화상태에 있다고 할 수 있다. 따라서 가능한 대안은 콩의 기능성성분을 통상의 식품에 첨가하는 방법과 새로운 개념의 식품을 개발하는 방법, 콩이 가진 생리활성분의 효능을 극대화 할

수 있는 제품으로 개발하는 것, 그리고 건강보조식품으로 개발하는 것이다. 미국시장에 선보인 콩버거(soy burger), 콩 아이스크림, 콩단백을 이용한 스낵 (health bar) 등은 우리가 응용할 수 있는 품목이라 생각된다. 이소플라본을 이용한 음료 혹은 여성 건강 증진용 건강식품으로 개발하는 것도 콩의 생리활성성분을 적극적으로 섭취할 수 있는 방안이라 생각된다. 그러나 콩의 생리활성성분을 기존 식품에 첨가하여 기능성식품으로 가공한 형태보다는 콩 전체를 이용하여 가공하는 것이 콩 속에 들어있는 지방, 단백질, 비타민 E 등의 영양성분 뿐만 아니라 사포닌, 피틴산, 트립신 방해제 등의 미량 활성성분도 한꺼번에 섭취할 수 있다는 점을 간과해서는 안될 것이다. 특히 전통적인 방식의 콩발효 제품에서 얻을 수 있는 생리활성성분을 이용하여 기능성식품으로 제조하는 것은 미국, 일본 등의 국가들이 개발하는 콩기능성 식품과 차별화를 꾀할 수 있을 뿐만 아니라 이러한 제품을 국외시장으로 수출할 수 있는 기틀이 될 수 있을 것이다.

해외에서 조사된 바에 따르면 소비자들이 선호하는 제품의 형태는 캡슐제품이 49%로 가장 높았고, 일반 식품의 형태가 38%, 기타 20%로 조사된 바 있다(장경원, 2003). 한국의 소비자들이 이와 같은 선호도를 보이는지는 확실하지 않으나 설문조사와 과학적인 분석을 통해 소비자의 요구를 파악하여 제품개발에 이용하는 것이 바람직 할 것이다. 또한 연령층에 따라 부족하기 쉬운 영양소나 영양권장량에 미달하는 영양소를 보강한 식품으로의 개발도 designer's food의 개념에 맞는 접근방법이라 할 수 있다. 그리고 과학적인 평가를 통해 효과가 입증된 제품을 개발하고 안전성 및 하루 섭취량 등에 대한 사항을 설정하는 것도 건강보조식품 개발과 더불어 고려되어야 할 과제이다.

6. 참고문헌

- 고미경, 김정인, 문정원, 송영선. 콩겉질첨가식이 쥐의 콜레스테롤 대사에 미치는 영향, 한국콩연구회지 15, 23-30 (1998)
- 고미경, 권태완, 송영선. 노란콩과 검정콩식이 쥐의 체내 지질함량과 분변으로의 지질 배설에 미치는 영향, 한국식품영양과학회지, 27, 126-131 (1998)
- 권태완, 송영선, 김정상, 문갑순, 김정인, 홍정화. 콩식품의 생리활성에 관한 국내 연구동향. 한국콩연구회지. 15 : 147-160. (1998)
- 김기복, 박명규. 출원번호 : 10-2002-0016423, 이소플라본을 함유하는 기능성 추잉껌
- 김소희, 양정래, 송영선. 청국장 발효의 생리활성, 식품산업과 영양 4(2) 40-46 (1999)
- 김용택, 김원국, 오훈일. 청국장으로부터 혈전용해효소의 분리 및 동정, 한국산업미생물학회지, 23, 1-5 (1995)
- 김의수, 박명규. 출원번호 : 10-2001-0049310, 혈중 지질농도 저하용 펩타이드의 제조방법
- 김정인, 신용철. 피니톨과 당뇨. 도서출판 아침 (2002)
- 김태현, 박명규. 출원번호 : 10-2001-0070978, 콩배아를 이용한 메주의 개선된 제조방법, 그 방법에 의해 제조된 메주 및 상기 메주를 이용하여 제조된 된장 및 간장
- 양정래. 청국장의 항동맥경화효과에 관한 연구, 부산대학교 박사학위논문, (2001)
- 송영선, 권태완. 콩과 콩제품의 콜레스테롤 저하효과. 한국식품영양과학회산업지 5, 36-41 (2000)
- 장경원. 건강기능성식품의 제품개발과 마케팅 전략. 건강기능성식품 기술 동향과 제품 개발 전략에 관한 포럼. (2003)
- 정동효. 콩발효식품, 지성의 샘, 34-38 (1994)
- 중앙일보. 장수촌 오키나와의 비밀, 2월 25일자 p.24 (2003)
- 한정희, 김정인, 송영선. 탈피 탈지 대두분 식이가 쥐의 식후 lipid profile과 효소, 호르몬 농도에 미치는

- 영향, 한국영양학회지, 31, 135-142 (1998)
- 최춘연, 송영선. 이소플라본이 LPS로 자극된 RAW 264.6 macrophages의 산화적 스트레스와 NFkB 활성화에 미치는 영향. 한국영양학회 춘계학술대회 (2002)
- Adlercreutz H. : Phyto-oestrogens and cancer. *Lancet Oncol* 3(6) : 364-73 (2002)
- Akiyama T, Ishida J, Nakagawa S, Ogawara H, Watanabe S, Itoh N, Shibuya M, Fukami Y. Genistein, a specific inhibitor of tyrosine-specific protein kinases. *J Biol Chem* 262(12) : 5592-5 (1987)
- Awad AB, Chen YC, Fink CS, Hennessey T : beta-Sitosterol inhibits HT-29 human colon cancer cell growth and alters membrane lipids. *Anticancer Res* 16(5A) : 2797-804 (1996)
- Clarkson, T.B. : Research identifying the hypocholesterolemic components of soy. 3rd International Symposium on the Role of soy in Preventing and Treating Chronic Disease. p.24 Oct.31-Nov.3, Washington D.C. U.S.A. (1999)
- FDA, Benefit of soy is heartfelt, FDA Consumer Jan/Feb. 2 (2000)
- Forsythe, W.A. : Soy protein, thyroid regulation and cholesterol metabolism. *J. Nutr* 125, 619S-623S (1995)
- Holt, S. : Soya for Health, Mary Ann Liebert, Inc. Laechmont (1996)
- Kennedy AR : The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J Nutr* 125 : 733S-743S (1995)
- Lamartiniere CA, Cotroneo MS, Fritz WA, Wang J, Mentor-Marcel R, Elgavish A : Genistein chemoprevention : timing and mechanisms of action in murine mammary and prostate. *J Nutr* 132(3) : 552S-558S (2002)
- Lee HP, Gourley L, Duffy SW, Esteve J, Lee J, Day NE : Dietary effects on breast-cancer risk in Singapore. *Lancet* 337(8751) : 1197-200 (1991)
- Milner, JA., and Hassan, AS. Species specificity of arginine deficiency- induced hepatic steatosis. *J. Nutr* 111, 1067-1073 (1981)
- Paine H. Clinical evidence : Dietetic applications-Conference Highlights, Conference on Soy and Health (2002)
- Potter, SM. : Overview of proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effect of soy. *J Nutr* 125, 606S-611S (1995)
- Rowland IR, Wiseman H, Sanders TA, Adlercreutz H, Bowey EA : Interindividual variation in metabolism of soy isoflavones and lignans : influence of habitual diet on equol production by the gut microflora. *Nutr Cancer* 36(1) : 27-32 (2000)
- Setchell, KD, Cassidy, A. Dietary isoflavones : biological effects and relevance to human health. *J Nutr* 129 : 758S-767S (1999)
- Shin JK, Ahn CW, Nam HS, Lee HJ, Lee HJ. and Moon TH, Fractionation of angiotensin converting enzyme(ACE) inhibitory peptides from Soybean Paste. *Korean J. food Sci. Technol.* 27, 230 (1995)
- Tanaka K, Aso B, and Sugano M. : Biliary steroid excretion in rats fed soybean protein and casein or their amino acid mixtures. *J Nutr* 114, 26-32 (1984)
- Teede HJ, Dalais FS, Kotsopoulos D, Liang YL, Davis SR, and McGrath BP. Soy protein supplementation improved lipid profiles and blood pressure : A double-blind, randomized placebo-controlled study in men and postmenopausal women. 3rd International Symposium on the Role of soy in Preventing and Treating Chronic Disease. p.25 Oct.31-Nov.3, Washington D.C. U.S.A. (1999)
- Wagner JD, Zhang L, Greaves KA, Shadoan MK, Schwenke DC. Soy protein reduces the arterial low-density lipoprotein (LDL) concentration and delivery of LDL cholesterol to the arteries of diabetic and nondiabetic male cynomolgus monkeys. *Metabolism* 49 : 1188-96. (2000)
- Wrick K, The U.S. Soy Market : An update and outlook, *Neutraceuticals World*, Jan/Feb. 32-42 (2003)

www.pinitol.co.kr

Yamori, U., Soybeans for health in the world-lessons from Okinawan diets and healthy longevity by WHO-CARDIAC and immigrants studies, Proceedings, The 3rd International Soybean Processing and Utilization Conference, pp. 300-304 (2000)

Yu RN, Park SA, Chung DK, Nam HS. and Shin ZI. : Effect of soybean hydrolysate on hypertention in spontaneously hypertensive rats, J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 25, 1031 (1996)