

## Lipoxygenase 결핍된 Non-GM콩의 특성

이수정<sup>1</sup> · 김인성<sup>1</sup> · 이혜진<sup>1</sup> · 정종일<sup>2</sup> · 성낙주<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 식품영양학과·농업생명과학연구원

<sup>2</sup>경상대학교 농학과·농업생명과학연구원

### Properties of Non-GM Soybeans with Lipoxygenase Free Genotypes

Soo-Jung Lee<sup>1</sup>, In-Sung Kim<sup>1</sup>, Hye-Jin Lee<sup>1</sup>, Jong-Il Chung<sup>2</sup>, and Nak-Ju Sung<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences and

<sup>2</sup>Dept. of Agronomy, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University,  
Gyeongnam 660-701, Korea

**ABSTRACT** The properties of non-GM soybeans with lipoxygenase (LOX) free genotypes, such as Gaechuck#1 (black, LOX2,3-free), Gaechuck#2 (yellow, LOX2,3-free) and Jinyangkong (yellow, LOX1,2,3-free), were compared to Taekwangkong (yellow, LOX1,2,3-present) as control. Length and weight of soybeans were significantly longer in Gaechuck#1, but LOX free genotypes of yellow beans was smaller than Taekwangkong, in terms the size and weight. After soaking for 12 hr, increased ratios of soybean weight were 217.07~226.55%, and they were significantly higher in Gaechuck#2. The total color difference ( $\Delta E$ ) to Taekwangkong was the highest in Gaechuck#1, but another yellow soybean were similar. Crude lipids content was significantly higher in Taekwangkong (17.30%), and these LOX free genotypes (13.71~14.66%) did not show significant difference. Crude protein contents were significantly higher in Gaechuck#1 (34.79%) compared to the other soybeans (32.93~33.47%). Contents of glutamic acid among the detected composition amino acid were highest, and its total contents were highest in Gaechuck#1 (32.42 g/100 g), and the total content of Gaechuck#2 was similar to Taekwangkong. Contents of total isoflavone were higher in LOX free genotypes than Taekwangkong, especially significantly higher in Gaechuck#1 (1672.54  $\mu\text{g/g}$ ). Contents of total phenol were highest in Gaechuck#1 (276.91 mg/100 g), and flavonoids content of Gaechuck#1 (26.93 mg/100 g) was 2.6~2.8 times higher than the other samples. DPPH, ABTS radical scavenging activities and reducing power were significantly higher in Gaechuck#1. The yield of soybean curd from tested samples was the highest in Gaechuck#2. Gaechuck#2 as LOX free genotypes was similar to Taekwangkong with regard to physicochemical properties and antioxidant activities. Therefore, we propose that Gaechuck#2 is a more suitable genotype for soybean curd products.

**Key words:** non-GM soybean, lipoxygenase free, isoflavone, antioxidant, soybean curd

## 서 론

식품가공 기술의 발달과 현대인의 편의주의 식사패턴은 가공식품의 다양화를 가속화하였으며, 소비자의 건강 지향의 웰빙 트렌드는 식품 선택을 변화시키는 주 요인이 되고 있다. 특히 식품에 의한 건강을 유지하고자 하는 욕구가 높아 일상생활 속에서 기능성이 높은 식품을 선택하려는 경향이 증가되고 있는데, 이러한 관점에서 볼 때 콩은 이 욕구에 잘 부합되는 식품 중의 하나이다. 왜냐하면 가공의 폭이 넓어 다양한 가공품을 생산할 수 있으며, 재료의 비용도 낮고 영양학적으로 볼 때 단백질과 불포화 지방산의 함량이 많으며, 비타민 E, 이소플라본 및 안토시아닌 등의 생리활성 물질이 풍부하여 영양 및 기능적 측면에서도 만족도가 높은

식품 소재이기 때문이다.

반면에 성숙된 콩의 종실에 존재하는 단백질의 일종인 lipoxygenase(LOX)는 불포화 지방산의 산화과정에 관여하여 비린 맛의 주성분이 되며(1), LOX의 작용으로 생성된 과산화지질은 콩의 영양 가치를 감소시키게 된다. 따라서 콩에 함유된 LOX의 불활성화를 위해서 열처리가 요구되는데, 이 과정에서 콩의 아미노산 이용률이 감소되거나 열에 약한 영양소의 파괴 및 흡수율의 저하가 수반하게 되며(2), 열처리로 인해 원료 중의 단백질 함량이 감소된다는 보고도 있다(3). 즉 비린내가 없는 콩은 가공 공정에서 열처리의 생략이 가능하므로 가공 적성면에서 시간과 비용의 절감, 열처리로 인한 단백질의 변성이나 보수성 감소를 막을 수 있다(4). 하지만 LOX의 불활성화를 위한 열처리 방법에는 한계가 따르므로 콩의 이용효율을 높이기 위해서 LOX가 결핍된 콩의 육종이 필요하다(5). 더욱이 우리나라에서는 수입콩의 20%를 non-GM(genetically modified)콩으로 매년 수입하

Received 8 July 2013; Accepted 20 August 2013

\*Corresponding author.

E-mail: snakju@gnu.ac.kr, Phone: 82-55-772-1431

고 있기 때문에 국내의 non-GM콩 공급에 대한 보다 안정적인 기반의 마련도 필요하다.

현재 국내에서 모본을 이용한 교배를 통하여 LOX 및 트립신 저해제가 함께 결핍된 '개척#1' 및 '개척#2' 품종(5-7), LOX가 결핍된 '진양콩' 및 'CJ#1' 품종이 이미 육종된 바 있으나, 이들의 이화학적 특성이나 가공 적성에 관한 연구로는 일반콩에 비해 LOX 결핍콩으로 제조한 간장이 영양 성분의 함량이나 항산화 활성이 높으며(8), 콩나물의 재배 시 생육에 따른 신장성과 물성이 높아(9) LOX 결핍콩이 가공식품의 소재로써 육종 가능성이 있음이 보고된 바 있으나, 그 외 품질 연구는 미미한 실정이다.

우리나라에서는 두부를 비롯하여 다양한 콩 가공품이 양산되고 있으나, 농림축산식품부(10)에 의하면 2010년 국내의 콩 생산 자급도는 10.1%이며 식량으로써의 자급도는 32.4%인 것으로 보고되어 콩 가공품 제조를 위한 원료콩의 수입은 불가피한 실정이다. 그러므로 콩 가공품의 품질향상을 위한 국내산 콩 품종의 개발이 절실히 요구되고 있다. 더욱이 두부는 콩의 단백질을 주성분으로 하여 제조한 가공품으로 가공 조건에 따라 품질에 큰 차이를 보이는데, 특히 원료콩의 성분 조성이 두부의 품질을 결정하는 중요 요소로 알려져 있다(11,12). 따라서 본 연구에서는 LOX 결핍콩의 특성을 비교하였으며, 두부를 제조한 후 수율을 측정하여 2차 가공품인 두부 가공 적성을 일반콩과 비교함으로써 non-GM콩의 보급 및 가공 활성화를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시료의 추출

콩은 경상대학교 농학과에서 LOX가 결핍된 모본의 교배를 통하여 품종 육성된 non-GM콩으로 개척#1(LOX2,3-free), 개척#2(LOX2,3-free) 및 진양콩(LOX1,2,3-free)과 LOX가 존재하는 태광콩(LOX1,2,3-present)을 제공받았으며(5-7), 개척#1은 검정콩, 그 외 시료는 모두 황색콩이었다. 콩은 액체질소를 가하여 분쇄한 후  $-40^{\circ}\text{C}$ 에 밀봉하여 보관해 두고 실험에 사용하였으며, 콩 분말 10 g에 80% 메탄올을 가하여 10%(w/v) 추출액을 만든 후 실온에서 1시간 추출하여 이소플라본 정량 및 항산화 활성 측정용 시료로 사용하였다.

### 두부의 제조 및 수율 측정

두부의 제조는 Yoo(11)의 방법에 따른 생추출법으로, 콩 100 g에 대해 10배의 수도수를 가하여 12~15시간 실온에서 침지한 다음 수침한 콩에 물을 1 L 가하여 마쇄하여 두유를 얻었다. 이를  $95\sim 100^{\circ}\text{C}$ 에서 가열한 후  $82\sim 85^{\circ}\text{C}$ 로 식힌 다음 응고제(해양 심층수)를 8~10 mL 첨가하여 5분간 고르게 저어준 다음 정치시켜 curd가 형성되도록 하였다. 이를 두부틀( $12\times 10\times 10$  cm)에 붓고 누름틀(1 kg)로 20분

간 압착한 후 찬물에 담가 두부를 냉각시켰다(20분). 완성된 두부는 증류수에 10분간 담근 후 plastic trap 용기( $15\times 12\times 6$  cm)에 넣고 증류수를 충전하여 PE 필름으로 가열 밀봉하였다. 두부의 수율은 두유 및 원료콩으로부터 얻어지는 두부의 중량비(%)로 계산하였다(13).

### 콩의 물리적 특성 및 수분 흡수율 측정

콩은 무작위로 선별하여 길이와 폭을 캘리퍼로 20회 이상 측정하여 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었으며, 백립중은 무작위로 선별된 콩 100개의 중량으로 나타내었다.

콩의 수분 흡수율은 콩 50 g을 정확히 칭량하여, 10배의 증류수를 가하여  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 12시간 동안 침지한 다음 표면의 물기를 제거한 후 중량을 측정하여 콩의 수분 흡수율로 나타내었다.

### 색도 측정

콩 분말의 색도를 색차계(CR 301, Minolta Co., Osaka, Japan)로 측정하여 명도(lightness)는 L값, 적색도(red-ness)는 a값, 황색도(yellowness)는 b값, 색차(total color difference)는  $\Delta E$ 값을 계산하여 태광콩을 기준으로 산출하였다(14). 이때 표준 색판의 L값은 96.03, a값은 0.79, b값은 0.62였다.

### 일반성분 분석

콩의 수분 함량은  $105^{\circ}\text{C}$  상압가열 건조법, 회분은  $550^{\circ}\text{C}$  직접회화법, 조지방은 Soxhlet법 및 조단백질 함량을 semimicro-Kjeldahl법으로 분석하였다. 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 회분, 조지방 및 조단백질 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

### 구성 아미노산 정량

콩 분말 0.3 g에 6 N HCl 3 mL를 가하고 질소가스를 7분간 충전시킨 후  $110\pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 heating block에서 24시간 가수분해한 후 여과하여 회전식 진공증발기에서 건조하였다. 이를 pH 2.2 Sodium citrate 완충용액으로 최종 부피를 10 mL로 하여  $0.2\ \mu\text{m}$  membrane filter 및 sep-pak  $\text{C}_{18}$  cartridges에 차례로 통과시켜 아미노산 자동분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

### 이소플라본 정량

콩 분말은 80% 메탄올로 추출하여 원심분리(10,000 rpm, 10 min) 시킨 후  $0.2\ \mu\text{m}$  syringe filter로 여과하여 HPLC(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 이때 칼럼은 YMC  $\text{C}_{18}$ ( $5\ \mu\text{m}$ ,  $4.6\times 250$  mm)을 사용하였고 254 nm에서 UV-detector를 사용하였으며, 이동상 용매로는 0.1% acetic acid/water(A)와 0.1% acetic acid/acetonitrile(B)을 사용하여 0~5분(10%, B), 5~70분

(70%, B), 70~72분(98%, B), 72~80분(98%, B)의 조건으로 하였으며, 유속은 0.8 mL/min, 시료 주입량은 20  $\mu$ L로 하였다. 표준물질은 daidzin, genistin, glystin, daidzein 및 genistein 5종을 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며, dimethylsulfoxide(DMSO)에 용해하여 HPLC chromatogram에서 retention time(RT)의 비교와 LC-MS/MS system(Applied Biosystems, Forster, CA, USA)에 의해 동정하였으며, 표준물질을 이용하여 peak area의 실측치와 표준용액 농도 간의 계산에 의해 이소플라본 함량을 계산하였다.

### 총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 콩 추출물 1 mL에 동량의 Folin-Ciocalteu 시약 및 10%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  용액을 차례로 가한 다음 실온의 암실에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(15). 플라보노이드 함량은 추출물 1 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 ethanol 4.3 mL를 차례로 가한 후 실온의 암실에서 40분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다(16). 총 페놀 및 플라보노이드 정량은 gallic acid 및 quercetin(Sigma Co.)을 각각 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 산출하였다.

### 항산화 활성 측정

콩 추출물의 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), ABTS[2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] 라디칼 소거활성 및 환원력으로 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 0.005%(w/v)의 DPPH 용액에 추출물을 동량으로 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다(17). ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM의 ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 하여 4°C의 암실에서 12~16시간 반응시킨 후 414 nm에서 증류수를 대조로 하여 1.5의 흡광도가 되도록 조정하였다. 이 용액 100  $\mu$ L에 추출물을 50  $\mu$ L 가하여 실온에서 5분간 반응시켜 414 nm에서 흡광도를 측정하였다(18). 라디칼 소거활성(%)은  $[1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$ 으로 계산하여 50%의 소거활성에 관여하는데 소요되는 시료의 농도로 나타내었다. 환원력은 추출물, 200 mM의 phosphate 완충용액(pH 6.6) 및 1% potassium ferricyanide 용액을 동량으로 혼합하여 50°C의 수욕에서 20분간 반응시킨 다음, 10% TCA 용액 1 mL를 가하여 반응을 정지시키고, 5,000 rpm에서 5분간 원심분리 하였다. 상정액 1 mL를 취하여 증류수 및 0.1% ferric chloride 용액을 동량씩 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다(19). 시료의 환원력은 흡광도 값이 0.5에 도달하는데 관여하는 시료의 농도로 나타내었다.

**Table 1.** Seed characteristics of different soybean cultivars

	Length (mm)	Width (mm)	100 weight (g)
Taekwangkong	7.89 $\pm$ 0.58 <sup>b</sup>	6.10 $\pm$ 0.27 <sup>NS</sup>	21.97 $\pm$ 0.20 <sup>c</sup>
Gaechuck#1	8.55 $\pm$ 0.58 <sup>c</sup>	6.02 $\pm$ 0.47	23.90 $\pm$ 0.26 <sup>d</sup>
Gaechuck#2	7.47 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	5.93 $\pm$ 0.33	19.25 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>
Jinyangkong	7.49 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	5.97 $\pm$ 0.26	20.56 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>

All values are mean $\pm$ SD (n=20).

NS: not significant.

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

### 통계 분석

각 실험은 반복실험을 통하여 결과를 얻었고 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계처리 하였으며, 각각의 시료에 대해 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후  $P < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 콩의 물리적 특징

Non-GM콩으로 LOX가 결핍된 개척#1, 개척#2 및 진양콩을 LOX가 존재하는 태광콩을 대조로 하여 콩의 길이, 폭 및 백립중을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 콩의 길이는 태광콩에 비해 개척#1이 유의적으로 컸으며, 개척#2와 진양콩은 태광콩보다 작았다. 폭은 품종 간에 유의차가 없었다. 백립중은 태광콩과 비교해 볼 때 검정콩인 개척#1이 가장 높았으며, 황색콩인 개척#2와 진양콩은 태광콩에 비해 중량이 작았다. 따라서 개척#1과 개척#2에서 콩의 크기 및 중량 차이가 콩의 품종에 기인하며, LOX의 결핍에 따른 차이는 적은 것으로 여겨진다. 반면에 황색콩 중 개척#2 및 진양콩은 LOX가 결핍됨에 따라 콩의 크기 및 중량이 다소 작아지는 것으로 평가되었다.

우리나라에서 두부 제조용으로 생산되는 황색콩의 주요 품종에 대한 물리적 특징에서 길이는 7.01~8.04 mm, 폭은 6.02~7.62 mm, 백립중은 19.3~26.4 g이었다는 보고가 있는데(11), 본 연구에 사용된 LOX가 결핍된 황색콩은 길이는 비슷하나 폭이 국내의 다른 일반콩보다 다소 작았으며, 이로 인한 백립중도 낮은 경향이였다.

콩을 실온에서 12시간 동안 수침한 후 콩의 크기 및 중량의 변화를 측정된 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 콩의 길이는 12.30~13.66 mm로 수침 전에 비해 콩의 길이가 커졌으며, 개척#1과 태광콩이 가장 컸다. 폭도 수침 전에 비해 증가하였으나, 시료간에 유의차는 없었다. 수침 전후 콩의 중량 증가율은 217.07~226.55%로 개척#2가 가장 높았으며 다음으로 개척#1이었는데, 이는 태광콩과 비슷한 수준이었다. 따라서 LOX 결핍콩인 개척#2와 개척#1은 수침으로 인한 중량 증가율이 일반콩에 비해 높아 두부를 제조할 경우 수율도 클 것으로 예상된다.

**Table 2.** Seed characteristics changes of different soybean cultivars after soaking for 12 hrs in the water

	Length (mm)	Width (mm)	Increasing rate of weight (%)
Taekwangkong	13.40±0.88 <sup>c</sup>	6.58±0.41 <sup>NS</sup>	224.06±1.05 <sup>b</sup>
Gaechuck#1	13.66±0.88 <sup>c</sup>	6.65±0.54	221.88±2.09 <sup>b</sup>
Gaechuck#2	12.83±0.66 <sup>b</sup>	6.49±0.38	226.55±0.08 <sup>c</sup>
Jinyangkong	12.30±0.84 <sup>a</sup>	6.50±0.29	217.07±0.46 <sup>a</sup>

All values are mean±SD (n=20).

NS: not significant.

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.

### 색도

콩 분말의 색도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 검정콩인 개척#1에서 명도(L)가 가장 낮았으며, 3종의 황색콩은 65.47~67.49로 통계적인 유의차는 있으나 시료 간에 비슷한 경향이였다. 적색도(a)와 황색도(b)는 개척#2에서 유의적으로 높았으며, 진양콩은 태광콩에 비해 유의차가 없었다. 태광콩에 대한 각 시료의 색차(ΔE)는 개척#1이 유의적으로 큰 차이를 보였으며, 개척#2와 진양콩은 1.96~2.26의 범위로 차이가 작아 개척#2 및 진양콩은 콩 가공품의 제조 시 시각적인 측면에서 태광콩과 차이가 없을 것으로 여겨진다.

시중에 유통되고 있는 콩으로 대두, 강낭콩, 서리태, 서목태, 작두콩, 청태, 팔의 색도를 비교한 결과에서 명도는 대두가 60.56이었는데, 이는 작두콩에 비해서는 다소 낮았고 특히 황색도는 대두가 월등히 높아 동일 품종이라도 재배 환경이나 건조 정도가 색도에 영향을 준다는 것으로 보고되어

있다(20). 더욱이 원료콩의 색깔 차이는 두부의 색깔에 직접적인 영향을 미치는 요인으로 개척#1은 종피의 안토시아닌 성분에 의해 두부 색에 뚜렷한 차이를 보일 수 있으며, 그 외 시료는 두부 제조 시에도 색깔의 차이가 미미할 것으로 판단된다.

### 일반성분 함량

Non-GM콩의 수분, 회분, 조지방, 조단백 및 탄수화물 함량은 Table 4와 같다. 수분 함량은 통계적인 차이는 있으나, 시료 간에 1% 내외의 차이에 불과하였다. 회분 함량은 개척#2가 유의적으로 낮았으며, 그 외 시료는 태광콩과 유의차가 없었다. 조지방 함량은 태광콩이 17.30%로 가장 높았으며, LOX가 결핍된 콩은 13.71~14.66%로 시료 간에 유의차는 없었으나 태광콩에 비해서는 유의적으로 낮은 함량이었다. 조단백질 함량은 개척#1(34.79%)이 타 시료(32.93~33.47%)에 비해 유의적으로 높기는 하였으나, 시료 간에 대차는 아니었다. 탄수화물은 모든 시료에서 33.08~35.26%로 시료 간에 유의차가 작았으나, 개척#2와 진양콩은 태광콩에 비해 유의적으로 높았는데, 시료 중의 회분이나 조지방의 함량이 다소 높았기 때문이라 여겨진다.

두부 제조 시 원료콩의 지방과 단백질 함량은 두부의 품질에 영향을 미치는 주요 인자로 특히 조지방 함량이 높으면 비린내나 산패를 유발할 수 있고, 조단백질의 함량이 높으면 두부 수율이 증가된다(11). 산지에 따른 두부 제조용 콩의 일반 성분을 분석한 연구에서 조지방 함량은 14.81~19.93%였으며, 조단백질 함량은 35.99~40.59%(21)로 본 연구

**Table 3.** Color intensity in the powder of different soybean cultivars

	L	a	b	ΔE
Taekwangkong	66.57±0.85 <sup>c</sup>	1.19±0.42 <sup>b</sup>	26.53±1.54 <sup>b</sup>	0
Gaechuck#1	48.35±1.61 <sup>a</sup>	-5.35±0.53 <sup>a</sup>	19.33±1.34 <sup>a</sup>	19.55±0.53 <sup>b</sup>
Gaechuck#2	65.47±0.66 <sup>b</sup>	1.72±0.15 <sup>c</sup>	28.36±0.74 <sup>c</sup>	2.26±0.46 <sup>a</sup>
Jinyangkong	67.49±0.64 <sup>c</sup>	1.29±0.22 <sup>b</sup>	25.46±0.65 <sup>b</sup>	1.96±0.54 <sup>a</sup>

All values are mean±SD (n=10).

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test. ΔE: total color difference to Taekwangkong.

**Table 4.** Physicochemical properties of different soybean cultivars

	Moisture	Ash	Crude lipids	Crude protein	Carbohydrate
Taekwangkong	10.83±0.25 <sup>a</sup>	5.85±0.37 <sup>b</sup> (6.56±0.41) <sup>1)</sup>	17.30±0.68 <sup>c</sup> (19.40±0.77)	32.93±0.55 <sup>a</sup> (36.93±0.62)	33.08±0.42 <sup>a</sup> (37.10±0.47)
Gaechuck#1	11.53±0.75 <sup>ab</sup>	5.79±0.16 <sup>b</sup> (6.54±0.18)	13.71±0.08 <sup>a</sup> (15.50±0.09)	34.79±0.18 <sup>b</sup> (39.33±0.20)	34.18±1.05 <sup>ab</sup> (38.63±1.18)
Gaechuck#2	11.64±0.24 <sup>a</sup>	4.96±0.06 <sup>a</sup> (5.61±0.07)	14.66±0.53 <sup>b</sup> (16.59±0.60)	33.47±0.65 <sup>a</sup> (37.88±0.74)	35.26±0.86 <sup>b</sup> (39.91±0.97)
Jinyangkong	11.78±0.21 <sup>b</sup>	5.82±0.07 <sup>b</sup> (6.60±0.08)	14.33±0.24 <sup>ab</sup> (16.25±0.27)	33.29±0.52 <sup>a</sup> (37.74±0.59)	34.77±0.20 <sup>b</sup> (39.41±0.22)

All values are mean±SD (n=3).

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test. Carbohydrate=100-(moisture+ash+crude lipids+crude protein).

<sup>1)</sup>Values are calculated as dry base.

에 사용된 콩의 조지방과 조단백질 함량은 이보다 다소 낮은 수준이었다. 콩에서 지방과 단백질 함량은 유전자형, 재배 온도, 토양의 비옥도, 품종 특성 등에 따라 식물체 내에서 단백질이나 지방의 합성 경로 및 조성비에 영향을 받으므로 (22) 산지에 따라 동일 품종이라도 일반성분 간에 함량차가 큰 것으로 보고되어 있다(21). Hwang 등(8)은 LOX가 결핍된 개척#2, 진양콩 및 CJ#1 품종의 콩을 태광콩과 비교하여 일반성분을 분석한 결과 수분 함량이 5.55~6.75%의 범위였으며 조단백질 함량이 38.27~43.34%로 보고한 바 있는데, 이는 본 연구에 사용된 품종과 동일 지역에서 재배한 같은 품종임에도 불구하고, 재배 년도가 달랐기 때문에 이에 따른 토양의 비옥도, 기후, 시비 조건, 건조 정도 등에 따른 차이인 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에 사용된 LOX 결핍콩은 일반성분의 함량이 태광콩과 대차를 보이지 않아 생추출법으로 두부를 제조할 경우 지질 성분에 의한 콩 비린내를 완화시키는데 도움이 될 것으로 생각된다.

#### 구성 아미노산 함량

4종의 non-GM콩에서 구성 아미노산 함량은 Table 5와 같다. 총 18종의 아미노산이 검출되었으며, 모든 시료에서 glutamic acid의 함량이 가장 높았으며, 다음으로 aspartic acid, leucine, arginine의 순이었다. Cystine과 methionine의 함량은 0.3 g/100 g 미만으로 가장 낮았다. 구성 아미노산의 총량은 개척#1이 32.42 g/100 g으로 가장 많았으며, 다음으로 개척#2(28.29 g/100 g), 태광콩(28.20 g/100 g)의 순이었고, 진양콩은 22.53 g/100 g이었다. 필수 아미노산의 함유 비율은 모든 시료에서 34% 수준이었다.

국내산 콩의 구성 아미노산을 비교 분석한 연구(20,23, 24)에서 glutamic acid의 함량이 가장 많았으며 다음으로 aspartic acid, leucine의 순이었다는 것은 본 연구와도 잘 일치하는 결과였다. 서리태(검정콩)의 아미노산 총량은 30.58 g/100 g, 황색콩은 26.55 g/100 g으로 보고된 바 있는데 (20), 본 연구결과는 진양콩을 제외한 시료에서 이보다 다소 높은 함량이었다.

콩은 알러지 유발에 관여하는 단백질인  $\beta$ -conglycinin의 비율이 낮을수록 methionine과 cysteine 함량이 높으며,  $\beta$ -conglycinin 결핍콩은 두부 가공 시 수율이 높아 2차 가공 효율이 우수하다는 보고가 있다(25). 본 연구에서 개척#1은 아미노산의 함량이 높으며, 개척#2는 태광콩과 비슷하여 이들 LOX 결핍콩은 아미노산의 급원 측면에서도 효율적인 품종이라고 판단된다.

#### 이소플라본 함량

Non-GM콩을 80% 메탄올로 추출하여 이소플라본 함량을 분석한 결과는 Table 6에 나타낸 바와 같이 총 7종이 검출되었다. 콩에서 이소플라본은 주로 malonyl-form의 glucoside로 존재하는데(26), 본 연구에서도 malonylgenistin의 함량이 가장 높았으며 다음으로 malonyldaidzin이었고, glycitin, daidzein 및 genistein은 50  $\mu$ g/g 이하였다. Glycitin 함량은 개척#1, genistein 함량은 진양콩에서 유의적으로 높았으며, 그 외 이소플라본의 경우에는 태광콩과 개척#2, 개척#1과 진양콩간에 상호 비슷한 함량이었다. 이소플라본의 총 함량은 각 이소플라본의 함량과 유사한 경향으로 검정콩인 개척#1이 1672.54  $\mu$ g/g으로 가장 많았으며, 태광콩과 비교해 볼 때 LOX 결핍콩인 개척#2는 유의차는

**Table 5.** Amino acid composition of different soybean cultivars (g/100 g)

	Taekwangkong	Gaechuck#1	Gaechuck#2	Jinyangkong
Aspartic acid	3.40	3.94	3.37	2.69
Threonine	1.10	1.23	1.06	0.84
Serine	1.49	1.73	1.49	1.16
Glutamic acid	5.38	6.46	5.60	4.32
Proline	1.96	2.03	2.03	1.77
Glycine	1.25	1.36	1.25	0.96
Alanine	1.30	1.38	1.31	1.02
Cystine	0.19	0.25	0.20	0.20
Valine	1.14	1.25	1.13	0.92
Methionine	0.24	0.27	0.25	0.26
Isoleucine	1.07	1.17	1.04	0.83
Leucine	2.10	2.35	2.06	1.61
Tyrosine	0.91	1.07	0.89	0.67
Phenylalanine	1.34	1.55	1.30	0.99
Histidine	0.78	0.92	0.79	0.64
Lysine	1.93	2.11	1.85	1.55
Ammonia	0.60	0.70	0.61	0.51
Arginine	2.02	2.67	2.06	1.59
EAA <sup>1)</sup> (ratio to total AA, %)	9.70 (34.4)	10.85 (33.5)	9.48 (33.5)	7.64 (33.9)
Total	28.20	32.42	28.29	22.53

<sup>1)</sup>EAA: Essential amino acid.

**Table 6.** Isoflavone contents of different soybean cultivars

(µg/g)

	Taekwangkong	Gaechuck#1	Gaechuck#2	Jinyangkong
Daidzin	175.40±3.34 <sup>a</sup>	265.43±0.81 <sup>b</sup>	190.18±1.32 <sup>a</sup>	264.32±17.56 <sup>b</sup>
Genistin	271.33±14.70 <sup>a</sup>	359.37±17.28 <sup>b</sup>	293.20±39.23 <sup>a</sup>	371.31±6.29 <sup>b</sup>
Glycitin	23.11±1.14 <sup>a</sup>	42.37±0.45 <sup>d</sup>	34.69±0.53 <sup>c</sup>	29.17±1.55 <sup>b</sup>
Malonyldaidzin	305.50±5.59 <sup>a</sup>	467.34±18.98 <sup>b</sup>	309.60±37.35 <sup>a</sup>	432.71±9.41 <sup>b</sup>
Malonylgenistin	380.26±4.00 <sup>a</sup>	499.41±12.18 <sup>b</sup>	364.52±19.72 <sup>a</sup>	520.83±17.57 <sup>b</sup>
Daidzein	27.03±4.20 <sup>a</sup>	32.90±2.59 <sup>bc</sup>	28.79±2.29 <sup>ab</sup>	35.40±1.78 <sup>c</sup>
Genistein	4.46±0.25 <sup>a</sup>	5.71±0.18 <sup>b</sup>	7.22±0.13 <sup>c</sup>	8.36±0.22 <sup>d</sup>
Total contents	1196.23±23.85 <sup>a</sup>	1672.54±14.30 <sup>b</sup>	1228.20±19.30 <sup>a</sup>	1662.10±12.65 <sup>b</sup>

All values are mean±SD (n=3).

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.

없었으나 다소 높았으며, 개척#1과 진양콩도 태광콩에 비해 유의적으로 높은 함량이었다.

국내산 콩 유전자원 43종 중 daidzein, genistein 및 glystein의 평균 함량은 각각 484.4±223.9 µg/g, 448.0±156.2 µg/g, 84.9±48.7 µg/g으로 품종 간에 함량차가 큰 것으로 보고되어 있다(27). 또한 국내에서 육종된 106종의 콩에서 이소플라본 함량은 527.9~3456.5 µg/g으로 평균 1489.0 µg/g이며 대표적인 이소플라본 3종의 aglycone 중 daidzein의 함량이 가장 많은 것으로 보고되어(28), 이는 본 연구와 유사한 경향이였다.

이소플라본의 함량과 콩의 크기 관계에서 크기가 작은 콩에서 이소플라본의 함량이 높게 정량되어 콩의 외형적인 크기보다는 품종이나 유전자형의 특성이 이소플라본의 함량에 영향을 주는 요인이라는 보고가 있다(21). 본 연구에서는 LOX가 결핍된 품종 중 크기가 가장 컸던 개척#1에서 이소플라본의 함량이 높았는데, 이는 검정콩과 황색콩이라는 품종 차이인 것으로 생각된다. 하지만 콩에서 종피의 색과 이소플라본 함량의 관련성이 명확하지는 않으며, 국내의 콩 유전자원에서 검정콩보다는 황색콩에서 이소플라본 함량이 더 높았다는 보고(27,29)는 본 연구와 다소 상이한 결과였으나, 대두와 서리태의 이소플라본 함량을 비교한 결과 glycitin의 함량이 서리태에서 월등히 높았으며, 총 이소플라본의 함량도 서리태에서 더 높았다는 보고(23)는 본 연구결과와 잘 일치하였다. 더욱이 이소플라본 함량은 재배 지역보다는 재배 년도에 의한 영향을 많이 받는다. 왜냐하면 동일 지역에서 동일 품종을 재배하더라도 평균 기온이나 강수량 등과 같은 재배 환경 요인에 의해 큰 영향을 받기 때문이다(24,30). 반면에 LOX-2와 LOX-3이 결핍된 콩 품종(UFV-116)은 일반콩에 비해 총 이소플라본의 함량이 높다고 보고되어(31), 본 연구 결과 LOX가 결핍된 non-GM콩에서 이소플라본 함량은 상기의 보고에 비해서는 다소 낮았으나, LOX가 존재하는 태광콩에 비해 높게 정량되었다는 것은 이소플라본 함량이 콩의 유전자원적 특성의 일종으로 판단되며, LOX가 결핍된 콩의 육종은 기능성 향상의 측면에서 의미가 크다고 생각된다.

### 총 페놀 및 플라보노이드 함량

콩의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 7과 같다. 총 페놀 함량은 개척#1이 276.91 mg/100 g으로 가장 높았으며 다음으로 개척#2였는데, 이는 태광콩과 유의차가 없었다. 플라보노이드 함량은 개척#1(26.93 mg/100 g)이 타 시료에 비해 2.6~2.8배 정도 높았으며, 태광콩, 개척#2 및 진양콩은 9.54~10.29 mg/100 g으로 시료 간에 유의차를 보이지 않았다.

우리나라에서 생산되는 콩의 품종별 총 페놀 함량은 2.63~5.54 mg/g이었는데 검정콩은 이보다 약 2배 이상 높으며, 플라보노이드 함량은 1.16~2.29 mg/g으로 주된 페놀 화합물로는 caffeic acid, chlorogenic acid, *trans*-cinnamic acid가 존재하는 것으로 보고된 바 있다(32). 대두와 서리태의 총 페놀 함량은 서리태에서 유의적으로 높으나 플라보노이드 함량은 유의차가 없으며, DPPH 라디칼 소거활성은 시료의 총 페놀 함량에 의존적이라는 보고가 있다(23). Non-GM콩에서 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 태광콩에 비해 LOX가 결핍된 콩(개척#2, 진양콩 및 CJ#1)에서 높았으며, 진양콩의 총 페놀 함량은 타 시료에 비해 유의적으로 높게 정량되어 이들 콩으로 제조한 간장의 총 페놀 및 플라보노이드 함량도 원료콩의 성분과 유사한 경향이였다는 보고가 있다(8).

콩의 총 페놀 함량은 종실 크기와는 무관하나, 이소플라본의 함량과는 상관성이 높다는 보고가 있는데(21), 본 연구 결과에서 진양콩이 태광콩 및 개척#2보다 총 페놀 함량이 낮게 정량된 것으로 볼 때 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 콩의 크기와 이소플라본의 함량과는 상관성이 낮은 것으로

**Table 7.** Total phenol and flavonoids contents of different soybean cultivars

(mg/100 g)

	Total phenol	Flavonoids
Taekwangkong	195.91±1.53 <sup>b</sup>	9.62±0.40 <sup>a</sup>
Gaechuck#1	276.91±6.60 <sup>c</sup>	26.93±1.95 <sup>b</sup>
Gaechuck#2	202.72±1.53 <sup>b</sup>	10.29±1.62 <sup>a</sup>
Jinyangkong	146.18±2.71 <sup>a</sup>	9.54±1.05 <sup>a</sup>

All values are mean±SD (n=3).

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 8.** Effective concentrations for antioxidant activities in 80% methanol extracts from different soybean cultivars

	DPPH radical scavenging <sup>1)</sup>	ABTS radical scavenging <sup>1)</sup>	Reducing power <sup>2)</sup>
Taekwangkong	42.15±2.51 <sup>b</sup>	13.30±0.45 <sup>a</sup>	33.58±0.20 <sup>b</sup>
Gaechuck#1	<12.5	<12.5	16.29±0.11 <sup>a</sup>
Gaechuck#2	22.66±1.02 <sup>a</sup>	13.59±0.73 <sup>a</sup>	36.74±0.73 <sup>c</sup>
Jinyangkong	41.74±3.35 <sup>b</sup>	15.20±0.88 <sup>b</sup>	50.35±0.37 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Effective concentrations (EC<sub>50</sub>, mg/mL) values were calculated from the regression lines using four different concentrations (12.5, 25, 50 and 100 mg/mL) and their data were presented as 50% scavenging activity.

<sup>2)</sup>Reducing power values were presented by the sample concentration at 0.5 of absorbance value at 700 nm.

<sup>a-d</sup>Each value represents mean±SD (n=5). Means with different superscripts in the sample are significantly different at *P*<0.05.

사료된다. 또한 콩의 일반성분이 재배 조건의 환경요인에 의존적이라는 보고(21)로 볼 때 총 페놀 및 플라보노이드도 같은 현상일 것으로 생각된다. 하지만 Hwang 등(8)의 연구와 상기 결과에서 LOX가 결핍된 개척#1 및 개척#2는 LOX가 존재하는 품종보다 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 높게 정량되어 콩 품종이 성분 차이를 좌우하는 주 요인이라 사료되므로, 개척#1 및 #2는 2차 가공품의 제조 시 영양성분이나 생리활성의 증가에 효과적인 품종인 것으로 판단된다.

### 항산화 활성

80% 메탄올로 추출한 non-GM콩 추출물의 항산화 활성을 12.5~100 mg/mL 농도 범위에서 측정하여 DPPH 및 ABTS 라디칼에 대한 50%의 소거활성을 나타내는 시료의 농도(EC<sub>50</sub>값)를 산출한 결과는 Table 8과 같다. 개척#1의 EC<sub>50</sub>값은 12.5 mg/mL 미만으로 타 시료에 비해 활성이 높았다. 진양콩은 태광콩과 시료간의 유의차가 없었으며, 개척#2는 태광콩에 비해 유의적으로 활성이 높았다. ABTS 라디칼 소거활성은 개척#2에서 태광콩과 유사하였으며, 진양콩의 활성은 이보다 다소 낮았다. 환원력은 700 nm에서 0.5의 흡광도 값을 보이는데 소요되는 시료의 농도(EC<sub>0.5</sub>값)로써 개척#1의 활성이 유의적으로 높았으며, 태광콩에 비해 개척#2와 진양콩의 활성이 유의적으로 낮았으나 개척#2는 태광콩에 비해 대차는 아니었다.

검정콩은 중피 중의 안토시아닌에 의해 항산화 활성이 높다고 알려져 있는데(31), 본 연구에서 검정콩인 개척#1은 총 페놀, 플라보노이드 및 이소플라본의 함량이 타 시료에 비해 높게 정량되어 이들 성분이 항산화 활성에 관여한 것으로 생각된다. 반면에 진양콩에서 항산화 활성이 낮은 것도 시료의 총 페놀 함량과 관련이 있으며 이소플라본의 함량과는 무관한 것으로 생각되는데(Table 6), 이는 순수 이소플라본의 DPPH 라디칼 소거활성이 다른 항산화 물질에 비해 활성이 낮다고 한 보고(33)와 유사한 결과라 사료된다. 이소플라본은 안토시아닌과 혼합될 때 항산화 활성의 시너지 효과가 가장 높다는 보고(34)와 식물 기원의 페놀 화합물은

**Table 9.** Yields of soybean curds from different soybean cultivars (%)

	Yields of soybean curd to 1 L of soy milk	Yields of soybean curd to 100 g of soybean
Taekwangkong	37.96±0.67 <sup>c</sup>	265.75±4.72 <sup>c</sup>
Gaechuck#1	33.71±0.40 <sup>b</sup>	236.00±2.83 <sup>b</sup>
Gaechuck#2	38.99±0.41 <sup>d</sup>	272.92±2.85 <sup>d</sup>
Jinyangkong	29.26±0.54 <sup>a</sup>	204.83±3.75 <sup>a</sup>

All values are mean±SD (n=4).

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at *P*<0.05 by Duncan's multiple range test.

그 함량이 많을수록 항산화 활성이 상승된다는 보고(35)로 볼 때, 본 연구에서 개척#1의 항산화 활성은 시료 중의 이소플라본 함량보다는 총 페놀 화합물의 함량에 더 의존적인 것으로 판단되며, 개척#2도 태광콩에 비해 생리활성이 뒤떨어지지 않는 것으로 여겨진다.

### 두부의 수율

태광콩과 LOX가 결핍된 개척#1, 개척#2 및 진양콩을 이용하여 제조한 두부의 수율을 측정된 결과는 Table 9와 같다. 두유 1 L에 대한 두부의 수율은 개척#2가 33.71%로 가장 높았으며, 개척#1과 진양콩은 태광콩보다 수율이 낮았다. 원료콩 중량에 대한 두부 수율도 개척#2가 가장 높았다.

두부의 수율은 원료콩의 성분에 의해 영향을 받는데 특히, 수용성 단백질과 지방 함량의 상관성이 높다고 보고된 바 있다(36). 즉 수분 함량이 많은 두부일수록 두부의 수율이 높으나 일부 콩의 경우 두부의 수분 함량과 수율이 상반된 관계이며, 이는 대두 중의 수용성 단백질의 함량 차이가 주된 요인인 것으로 추정된다(12). Yoo(11)는 콩의 품종에 따라 백립종이 크고 단백질 함량이 많을수록 두부의 수율이 증대되며, 이러한 차이는 두부의 조직감에도 영향을 주므로 두부의 제조 시 품종의 선별이 가공 적성을 높일 수 있는 방법이라고 하였다. 본 연구에서 개척#2로 제조한 두부에서 수율이 가장 높았던 것은 원료콩의 수분, 단백질 및 지방의 함량 차이는 작았으나 아미노산의 함량이 타 시료에 비해 높았으며, 개척#2의 백립중은 타 시료에 비해 유의적으로 낮았으나, 침지 후 수분 흡수에 의한 중량 증가율이 가장 컸기 때문에 두부 수율이 높았던 것으로 생각된다.

따라서 non-GM콩을 이용하여 두부의 제조 시 개척#2는 원료콩의 영양성분이나 생리활성이 태광콩과 유사하고 두부 수율면에서도 효율적인 품종인 것으로 판단되며, 차후 non-GM콩을 이용한 두부의 품질 평가에 관한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

### 요 약

Lipoxygenase(LOX)가 결핍된 non-GM콩인 개척#1(검정콩, LOX2,3-free), 개척#2(황색콩, LOX2,3-free) 및 진양

콩(황색콩, LOX1,2,3-free)의 이화학적 특성과 두부 수율을 LOX가 존재하는 태광콩(황색콩, LOX1,2,3-present)과 비교하였다. 콩의 길이 및 백립중은 태광콩에 비해 개척#1이 유의적인 차이로 컸으며, 황색콩에서는 LOX가 결핍된 품종이 태광콩보다 크기 및 중량이 다소 작았다. 콩을 12시간 동안 수침한 후 콩의 중량 증가율은 217.07~226.55%로 개척#2가 유의적으로 높았다. 전체적인 색차( $\Delta E$ )는 개척#1이 유의적으로 높았으며, 3종의 황색콩은 시료 간에 비슷한 경향이였다. 조지방 함량은 태광콩이 17.30%로 유의적으로 높았으며, LOX가 결핍된 콩은 13.71~14.66%로 시료 간에 유의차가 없었다. 조단백질 함량은 개척#1(34.79%)이 타 시료(32.93~33.47%)에 비해 유의적으로 높았다. 구성아미노산 함량은 모든 시료에서 glutamic acid의 함량이 가장 높았으며, 총량은 개척#1이 32.42 g/100 g으로 가장 많았고 개척#2와 태광콩은 비슷한 함량이였다. 이소플라본 함량은 LOX가 결핍된 콩이 태광콩에 비해 더 많았으며, 특히 개척#1(1672.54  $\mu\text{g/g}$ )에서 가장 높았다. 콩의 총 페놀 함량은 개척#1이 276.91 mg/100 g으로 가장 높았으며, 플라보노이드 함량은 개척#1(26.93 mg/100 g)이 타 시료에 비해 2.6~2.8배 정도 높았다. DPPH, ABTS 라디칼 소거활성 및 환원력은 개척#1이 타 시료에 비해 높았다. Non-GM콩으로 제조한 두부의 수율은 개척#2에서 가장 높았다. 황색콩인 개척#2는 이화학적 특성 및 항산화 활성 측면에서 태광콩과 유사하였고 두부 수율이 높아 두부 제조에 적합한 품종인 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업(2011-0899)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Hildebrand DF. 1989. Lipoxygenase. *Physiol Plant* 76: 249-253.
- Lee H, Garlich JD. 1992. Effect of overcooked soybean meal on chicken performance and amino acid availability. *Poult Sci* 71: 499-508.
- Seol HG, Ko YJ, Kim EJ, Lee GL, Kim DG, Lee JO, Ahn KM, Ryu CH. 2012. Allergenicity change of soybean proteins by thermal treatment methods. *J Life Sci* 22: 524-531.
- Son BY, Lee YH, Kim SH, Lee HS, Lee SH. 2002. Effects of planting date and accelerated aging on seed germination-related traits of lipoxygenase-lacking soybean. *Korean J Crop Sci* 47: 196-200.
- Kim MS, Sung MK, Seo SB, Kim KR, Lee KJ, Park MS, Chung JI. 2008. Breeding of lipoxygenase and Kunitz trypsin inhibitor-free soybean line. *Korea Soybean Digest* 25: 1-6.
- Sung MK, Kim KR, Park JS, Han EH, Nam JW, Chung JI. 2010. Selection of lipoxygenase, Kunitz trypsin inhibitor and 7S  $\alpha$ -subunit protein free soybean strain. *J Agric Life Sci* 44: 29-33.
- Chung JI. 2009. A new soybean cultivar "Gaechuck#2": Yellow soybean cultivar with lipoxygenase 2, 3-free, Kunitz trypsin inhibitor-free. *Korean J Breed Sci* 41: 612-615.
- Hwang CR, Lee SJ, Kang JR, Kwon MH, Kwon HJ, Chung JI, Sung NJ. 2012. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of *Kanjang* made from soybean cultivars lacking lipoxygenase and Kunitz trypsin inhibitor protein. *J Agric Life Sci* 46: 109-123.
- Lee HI, Kim KC, Park EH. 2005. Sprout properties and lipoxygenase activity of lipoxygenase-less soybean genotypes. *Korean J Crop Sci* 50: 112-117.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2012. *Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook*. Korea. p 225.
- Yoo KM. 2011. Effects of soybean varieties on the physicochemical and sensory characteristics of tofu. *Korean J Food & Nutr* 24: 451-457.
- Chang CI, Lee JK, Ku KH, Kim WJ. 1990. Comparison of soybean varieties for yield, chemical and sensory properties of soybean curds. *Korean J Food Sci Technol* 22: 439-444.
- Chung DO. 2010. Characteristics of tofu (soybean curd) quality mixed with *Enteromorpha intestinalis* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 745-749.
- Kim YA. 2005. Effects of *Lycium chinense* powders on the quality characteristics of yellow layer cake. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 403-407.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction - Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine-. *Japanese J Nutr* 44: 307-315.
- Moon HK, Lee SW, Moon JN, Kim DH, Yoon WJ, Kim GY. 2011. Quality characteristics of various beans in distribution. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 215-221.
- Seo YJ, Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2010. Physicochemical characteristics of soybeans cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 441-449.
- Kim SL, Lee YH, Chi HY, Lee SJ, Kim SJ. 2007. Diversity in lipid contents and fatty acid composition of soybean seeds cultivated in Korea. *Korean J Crop Sci* 52: 348-357.
- Kim JP, Yang YS, Kim JH, Lee HH, Kim ES, Moon YW, Kim JY, Chung JK. 2012. Chemical properties and DPPH radical scavenging ability of sword bean (*Canavalia gladiata*) extract. *Korean J Food Sci Technol* 44: 441-446.
- Kim KS. 2007. Functional ingredient compositions of soybean curd (*Tofu*) made with black soybeans (*Huktae*) and white soybeans (*Baktae*). *Korean J Food & Nutr* 20: 158-163.
- Yoon HT, Seo MJ, Kim SL, An SO, Kim SJ. 2005. Variation of seed component contents in wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.). *Korean J Crop Sci* 50: 108-111.



26. Peterson G. 1995. Evaluation of the biochemical targets of genistein in tumor cells. *J Nutr* 125: 784S-789S.
27. Chong MG, Kang ST, Han WY, Baek IY, Kim HK, Shin DC, Kang NS, Hwang YS, An YN, Lim JD, Kim KS, Park SH, Kim SL. 2006. Variation of isoflavone contents in Korean soybean germplasms. *Korean J Crop Sci* 51: 146-151.
28. Park KH, Piao XM, Jang EK, Yoo YE, Hwang TY, Kim SL, Jong JH, Shin HM, Kim HS. 2012. Variation of isoflavone contents in Korean soybean cultivars released from 1913 to 2006. *Kor J Breed Sci* 44: 149-159.
29. Bae EA, Kwon TW, Moon GS. 1997. Isoflavone contents and antioxidative effects of soybeans, soybean curd and their by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 371-375.
30. Wang H, Murphy PA. 1994. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: Effects of variety, crop year, and location. *J Agric Food Chem* 42: 1674-1677.
31. Esteves EA, Martino HSD, Oliveira FCE, Bressan J, Costa NMB. 2010. Chemical composition of a soybean cultivar lacking lipoxygenase (LOX2 and LOX3). *Food Chem* 122: 238-242.
32. Myung J, Hwang I. 2008. Functional components and antioxidative activities of soybean extracts. *Korea Soybean Digest* 25: 23-29.
33. Kao TH, Chen BH. 2006. Functional components in soybean cake and their effects on antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 54: 7544-7555.
34. Kim SH, Kwon TW, Lee YS, Choung MG, Moon GS. 2005. A major antioxidative components and comparison of antioxidative activities in black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 37: 73-77.
35. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.
36. Im JG, Park IK, Kim SD. 2004. Quality characteristics of tofu added with basil water extracts. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20: 144-150.