

## 국산 장려콩으로 만든 두부의 Mineral, Oxalate 및 Phytate 함량과 품질특성

김기찬<sup>1</sup> · 황인국<sup>1</sup> · 김현영<sup>1</sup> · 송항림<sup>2</sup> · 김홍식<sup>2</sup> · 장금일<sup>1</sup> · 이준수<sup>1</sup> · 정현상<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과

<sup>2</sup>충북대학교 식물자원학과

## Quality Characteristics and Mineral, Oxalate and Phytate Contents of Tofu Manufactured by Recommended Soybean Cultivars in Korea

Ki Chan Kim<sup>1</sup>, In Guk Hwang<sup>1</sup>, Hyun Young Kim<sup>1</sup>, Hang Lin Song<sup>2</sup>, Hong Sig Kim<sup>2</sup>,  
Keum Il Jang<sup>1</sup>, Junsoo Lee<sup>1</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology and <sup>2</sup>Dept. of Crop Science,  
Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

### Abstract

This study was conducted to investigate the changes of mineral, oxalate and phytate during tofu processing with Korean recommended soybean cultivars. Fourteen cultivars were selected by distribution of calcium, oxalate and phytate contents. Tofu was manufactured and analyzed for quality characteristics, mineral, oxalate and phytate contents. The yield and moisture contents of tofu ranged from 137.77% in *Anpyeongkong* to 201.91% of *Geomjeongkong* 4, and 74.42 (*Bongeuikong*)~80.01% (*Hojangkong*), respectively. The lightness (L-value), redness (a-value) and yellowness (b-value) ranged from 53.05 (*Dawonkong*) to 86.16 (*Jipumkong* 2), -2.04~5.85, and from 3.28 in *Geomjeongkong* 4 to 16.17 of *Cheongjakong*, respectively. The hardness of tofu with selected soybean cultivar ranged from 537.36 g (*Dongpuktae*) to 1696.05 g (*Jinpumkong* 2). The highest calcium content was 1.488 mg/g in *Dawonkong*, oxalate and phytate in tofu were high at 0.40 mg/g in *Geomjeongkong* 4 and 0.41 mg/g in *Dawonkong*, respectively. The transfer ratios of oxalate and phytate from soybean to tofu were ranged from 0.31~19.70 and 0.41~19.70%, respectively.

**Key words:** soybean, tofu, quality characteristics, oxalate, phytate

### 서 론

대두(*Glycine max* L.)는 약 5,000년 전부터 재배되어 쌀과 보리와 더불어 중요한 식량작물로 전통 대두발효식품의 주된 원료 및 식물 유래의 기능성 소재로서 다양하게 이용되어 왔다(1). 대두는 glycinin과 albumin 등의 단백질과 지방뿐만 아니라 oligosaccharide, isoflavone, saponin 및 섬유질 등과 같은 기능성 성분 또한 많이 함유하고 있어 영양 생리적으로 우수한 식품으로 알려져 있다(2). 대두를 이용한 대표적인 식품인 두부는 대두를 물과 함께 마쇄함으로써 단백질과 각종 염류가 물에 녹아 교질 현탁액인 두유가 만들어지고 여기에 응고제를 첨가하면 이것이 응고되어 겔이 형성된 것이다(3). 오래 전부터 섭취해 오던 고단백식품인 두부는 담백하고 체내의 신진대사와 성장발육에 필요한 필수아미노산, 칼슘 및 철분 등의 무기질이 다량 함유된 식물성 단백질 식품으로 암 등의 성인병 예방과 치료에 효과가 있다고 알려져 있다(4-6).

Oxalate는 수용성 또는 불용성 형태로 존재하며(7) 수용성 oxalate는 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 및 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 등의 물에 녹는 수용성 이온들과 결합되어 있고, 불용성 oxalate는 Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> 및 Mg<sup>2+</sup> 등의 이온과 같은 무기질들과 결합되어 있는 형태이다(8,9). 식품 속의 oxalate는 calcium과 같은 미네랄의 흡수를 방해하고 무기질의 유용성을 감소시키며, calcium oxalate는 calcium 흡수를 감소시켜 신장 결석을 발생시킴으로써 인체의 영양과 건강에 유해한 위험 요소로 알려져 있다(10,11).

Phytate는 inositol의 hexa-O-monophosphate ester로서 곡류 및 종실에 존재하며(12), 다가 음이온 물질로서 반응성이 매우 강하여 대두 단백질의 양이온기와 결합하고 있으며 이 결합물은 등전점 이하에서 불용성을 나타내며, 금속이온들과 쉽게 결합하여 무기물의 체내 흡수를 저해한다(13,14). 그러나 최근에는 phytate가 소장에서 free radical을 생성하는 철과 함께 결합하여 불용성 복합체를 형성하여 free radical 생성을 억제하므로 항암작용, 항산화 효과, 체내 지방산화 감소 효과 및 calcium oxalate의 생성억제효과가 보고되

\*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

어 관심이 높아지고 있다(15,16).

Oxalate와 phytate에 대한 연구로는 미국에서 소비되는 soy foods에 대한 oxalate 및 phytate에 대한 함량의 분석 연구(16), 지역별로 채집한 Oca(*Oxalis tuberosa Mol*)의 oxalate 함량 분석 연구(11), cabbage, collard, peanut 및 sweet potato 등의 blanching 시간에 따른 oxalate, phytate 및 tannic acid의 함량 변화 연구가 보고되었지만(17), 국산 콩 제품에 대한 oxalate 및 phytate 함량에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 국산 장려 콩 품종 가운데 oxalate와 phytate 함량이 높은 품종과 낮은 품종을 대상으로 두부를 제조하였을 때 원료 콩에 함유된 oxalate와 phytate가 두부로 이행되는 정도를 살펴보고 두부의 이화학적 품질특성을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료 및 전처리

본 실험에 사용한 콩(*G. max L.*)은 국산 장려콩종 가운데 calcium, oxalate 및 phytate 함량 분석을 통해 선발된 14개 품종(18)으로 충북대학교 식물자원학과에서 제공 받았으며 -20°C에 보관하면서 두부 제조를 위한 시료로 사용하였다.

#### 두부 제조

콩 60 g을 10배량의 증류수를 첨가하여 상온에서 24시간 동안 수침한 후, 분쇄기(HR-2870, Philips, Amsterdam, Netherlands)로 분쇄하였다. 분쇄한 두미액을 90~95°C에서 10분간 끓인 후, 면포로 착즙하여 두유를 제조하였다. 제조된 두유에 무기성분을 함유하지 않은 glucono- $\delta$ -lacton (GDL, Food additives grade, Roquette, Lestrem, France)을 70~75°C의 두유에 0.25%(w/v) 첨가하여 10분간 응고시킨 후 45.45 g/cm<sup>2</sup> 압력으로 27분간 압착성형 하였다(19,20).

#### 수율 측정

두부의 수율은 Pyun 등(21)의 방법을 이용하여 사용한 원료 대두 g 당 얻어지는 두부의 무게와의 비율로 측정하였다.

#### 색도 측정

두부의 색도는 색차계(Chromatometer CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)로 명도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값 및 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때 표준색은 L값(98.07), a값(0.63) 및 b값(0.47)인 표준색판을 이용하여 표준화 작업을 한 후 측정하였다(22).

#### Texture 측정

두부의 texture는 두부를 일정한 크기(10×10×10 mm)로 절단한 다음 조직감측정기(Rheometer RT-3010D, Fudoh, Tokyo, Japan)로 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(elasticity)을 각각 4회 반복 측정하였으며 측정조건

Table 1. Texture profile analysis conditions of tofu

|              | Conditions  |
|--------------|-------------|
| Test type    | mastication |
| Max weight   | 2 kg        |
| Table speed  | 30 mm/min   |
| Adaptor type | φ 20 mm     |

은 Table 1에 나타내었다(22).

#### 무기성분 함량 분석

무기성분은 AOAC 방법(23)에 따라 건식법으로 전처리 하여 분석하였다. 시료 2 g을 550°C에서 회화한 후 0.5 N HNO<sub>3</sub> 10 mL을 넣고 균질화 시킨 다음 유리여과기(GF/C, 90 mm, Whatman, Maidstone, England) 여과지로 여과하고 0.5 N HNO<sub>3</sub> 50 mL로 정용한 다음 inductively coupled plasma spectrometer(ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 분석하였고 분석항목은 calcium, magnesium, sodium, zinc, ferrous 및 potassium이었으며, 각각 3회 반복 측정하였다.

#### Oxalate 함량 분석

시료 중의 oxalate 함량은 Savage 등(9)의 실험 방법을 이용하여 분석하였다. 시료 10 g에 2 N HCl 20 mL을 가하고 균질기(Ultra Turrax T25, IKA Lab, Kuala Lumpur, Malaysia)로 16,000 rpm에서 1분간 균질화 시켰다. 추가적으로 2 N HCl 10 mL를 사용하여 균질기에 남아 있는 시료를 깨끗이 씻어 준 다음 여액을 합해서 80°C의 수조(JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 15분간 교반하였다. 교반된 시료를 냉각시켜 여과지(8 μm, Whatman)로 여과한 후 100 mL 메스플라스크에 옮기고 2 N HCl을 사용하여 100 mL로 정용하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료를 여과(0.45 μm membrane filter, Sartorius AG, Gottingen, Germany)하고 증류수로 10배 희석한 후 HPLC(Thermo Separation Products, Waltham, MA, USA)를 이용하여 oxalate 함량을 분석하였다. Column은 aminex HPX-87H ion exclusion column(300 mm×7.8 mm i.d.; Bio-Rad, Hercules, CA, USA)과 micro-Guard Cation H cartridge(30 mm×4.6 mm, Bio-Rad)를 사용하였고, 이동상은 0.008 N sulphuric 용액을 0.6 mL/min의 유속으로 흘리고 20 μL 분석시료를 주입하였다. 검출기는 UV 검출기(Spectra System UV1000; Thermo Separation Products)로 215 nm에서 검출하였으며, 표준물질로 oxalic acid dihydrate(Fluka, Buchs, Switzerland)를 사용하였다. 모든 분석은 3회 반복 실험하였다.

#### Phytate 함량 분석

시료 중의 phytate 함량은 Haung과 Lantzsch(24)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 20 g에 2.0%(v/v) HCl과 10% (w/v) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 50 mL을 넣고, 상온에서 교반기(Vision Scientific Co., Bucheon, Korea)로 200 rpm에

서 3시간 추출한 후 여과(20~25  $\mu\text{m}$ , Whatman)하였다. 여액 10 mL을 falcon tube에 담은 후  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  2 g을 conc. HCl 16.3 mL에 용해 후 증류수로 최종 1 L로 정용) 12 mL을 첨가하고 끓은 물에서 75분간 가열하였다. 상온에서 1시간 동안 냉각시킨 다음 3,500 rpm에서 15분간 원심 분리하여 얻은 상층액을 여과(11  $\mu\text{m}$ , Whatman)한 후 증류수로 50 mL로 정용하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료 4 mL에 Wade reagent[0.03%(w/v)  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 0.3%(w/v) sulfosalicylic acid를 증류수 100 mL로 용해] 1 mL 첨가하여 5초 동안 교반시키고 상온에서 10분간 반응시킨 용액을 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 500 nm에서 흡광도를 측정하여 phytate를 분석하였으며 표준물질로는 sodium phytate(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 모든 분석은 3회 반복 실험하였다.

### 통계분석

실험결과에 대한 통계 분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 성분 함량 및 측정값의 평균과 표준편차를 산출하고 minerals(calcium, magnesium 및 potassium), oxalate, phytate 및 textures(hardness, cohesiveness 및 elasticity)에 대한 측정값을 5% 유의수준에서 서로 간의 pearson correlation coefficient를 구하였다.

## 결과 및 고찰

### 원료 콩의 일반성분

원료 콩의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 조단백질 함량은 품종에 따라 40.49~44.91%(d.b) 범위로 분포하였으며, 그중 안평콩이 가장 높은 함량을 나타내었고 진품콩2호가 가장 낮은 함량을 나타내었다. 조지방 함량은 진품콩2호 17.33%부터 방사콩 23.43% 범위로 분포하였으며 조회분은 안평콩이 5.72%로 가장 높았으며, 호장

Table 2. Proximate components of selected soybean cultivars (unit: % dry basis)

| Cultivars              | Crude protein | Crude lipid | Ash  | Carbo-hydrate |
|------------------------|---------------|-------------|------|---------------|
| <i>Keumkangkong</i>    | 44.15         | 20.77       | 5.33 | 29.75         |
| <i>Bongeuikong</i>     | 43.24         | 22.88       | 5.39 | 28.49         |
| <i>Jinpumkong 2</i>    | 40.49         | 17.33       | 5.40 | 36.78         |
| <i>Cheongjakong</i>    | 41.59         | 21.53       | 5.58 | 31.30         |
| <i>Anpyeongkong</i>    | 44.91         | 20.75       | 5.72 | 28.62         |
| <i>Hannamkong</i>      | 43.05         | 20.17       | 5.52 | 31.26         |
| <i>Daepungkong</i>     | 43.58         | 22.43       | 5.32 | 28.67         |
| <i>Dawonkong</i>       | 43.84         | 21.41       | 5.67 | 29.08         |
| <i>Hojangkong</i>      | 41.41         | 21.75       | 5.23 | 31.61         |
| <i>Bangsakong</i>      | 42.60         | 23.43       | 5.48 | 28.49         |
| <i>Seonheukkong</i>    | 44.31         | 21.45       | 5.39 | 28.85         |
| <i>Dongpuktae</i>      | 42.12         | 20.82       | 5.39 | 31.67         |
| <i>Geomjeongkong 4</i> | 41.98         | 20.20       | 5.64 | 32.18         |
| <i>Bokwangkong</i>     | 42.98         | 21.30       | 5.24 | 30.48         |

콩이 5.23%로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 탄수화물 함량은 28.49~36.78% 범위에서 진품콩2호가 가장 높았고 봉의콩과 방사콩이 가장 낮은 함량을 보였다. 단백질과 지방 및 탄수화물 함량은 품종 간에 큰 차이를 보였는데 이는 Kwon (25)이 보고한 우리나라 지역별 콩의 단백질 및 지방 함량이 각각 36.26~53.72% 및 10.9~21.4% 범위였다고 보고한 결과와 유사한 값을 나타내었다.

### 두부의 수율, 수분함량 및 색도

14종의 콩으로 제조된 두부의 수율과 수분함량을 측정된 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 두부의 수율은 콩 품종에 따라 137.77~201.91% 범위로 나타났으며 검정콩4호로 만든 두부가 201.91%로 가장 높은 수율을 나타내었고 안평콩으로 만든 두부가 137.77%로 가장 낮은 수율을 나타내었다. 콩 품종별로 수율의 차이가 나는 것에 대해 Im 등(26)은 콩 중의 수용성 단백질과 지방함량의 차이 때문이라 하였는데 본 연구결과도 수용성 단백질의 차이에 기인된 결과라 생각된다. 두부의 수분함량은 74.42~80.01% 범위로 나타내는데 호장콩으로 만든 두부가 80.01%로 가장 높은 수분함량

Table 3. Yields, moisture contents, and Hunter color values of tofu manufactured with selected soybean cultivars

| Cultivars              | Yield (%)          | Moisture (%)     | L                | a                | b                |
|------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Keumkangkong</i>    | 182.21 $\pm$ 10.12 | 75.51 $\pm$ 1.25 | 83.78 $\pm$ 1.45 | -0.40 $\pm$ 0.05 | 12.22 $\pm$ 0.36 |
| <i>Bongeuikong</i>     | 166.77 $\pm$ 9.78  | 74.42 $\pm$ 0.98 | 84.52 $\pm$ 0.09 | -0.40 $\pm$ 0.01 | 11.86 $\pm$ 0.02 |
| <i>Jinpumkong 2</i>    | 154.30 $\pm$ 12.65 | 74.55 $\pm$ 1.54 | 86.16 $\pm$ 0.15 | -1.70 $\pm$ 0.01 | 15.00 $\pm$ 0.04 |
| <i>Cheongjakong</i>    | 185.37 $\pm$ 5.97  | 78.38 $\pm$ 0.54 | 63.23 $\pm$ 0.08 | 3.18 $\pm$ 0.00  | 5.19 $\pm$ 0.02  |
| <i>Anpyeongkong</i>    | 137.77 $\pm$ 11.58 | 79.62 $\pm$ 0.38 | 82.86 $\pm$ 0.23 | -1.32 $\pm$ 0.02 | 16.17 $\pm$ 0.06 |
| <i>Hannamkong</i>      | 139.88 $\pm$ 8.64  | 77.22 $\pm$ 0.67 | 79.44 $\pm$ 0.13 | 0.37 $\pm$ 0.02  | 13.40 $\pm$ 0.05 |
| <i>Daepungkong</i>     | 136.71 $\pm$ 6.67  | 77.26 $\pm$ 0.99 | 85.26 $\pm$ 0.17 | -1.28 $\pm$ 0.03 | 12.78 $\pm$ 0.05 |
| <i>Dawonkong</i>       | 146.05 $\pm$ 9.64  | 76.36 $\pm$ 0.57 | 53.05 $\pm$ 0.69 | 5.85 $\pm$ 0.30  | 6.02 $\pm$ 0.15  |
| <i>Hojangkong</i>      | 142.62 $\pm$ 8.97  | 80.01 $\pm$ 0.88 | 80.06 $\pm$ 0.45 | -2.04 $\pm$ 0.08 | 14.83 $\pm$ 0.46 |
| <i>Bangsakong</i>      | 161.32 $\pm$ 11.24 | 75.43 $\pm$ 1.11 | 83.68 $\pm$ 0.16 | -0.96 $\pm$ 0.02 | 14.69 $\pm$ 0.10 |
| <i>Seonheukkong</i>    | 171.67 $\pm$ 12.12 | 79.37 $\pm$ 1.02 | 61.40 $\pm$ 0.26 | 5.33 $\pm$ 0.04  | 5.71 $\pm$ 0.06  |
| <i>Dongpuktae</i>      | 139.82 $\pm$ 6.31  | 76.34 $\pm$ 1.25 | 84.83 $\pm$ 0.48 | -0.94 $\pm$ 0.01 | 13.41 $\pm$ 0.04 |
| <i>Geomjeongkong 4</i> | 201.91 $\pm$ 12.34 | 79.37 $\pm$ 0.79 | 54.12 $\pm$ 0.40 | 4.65 $\pm$ 0.02  | 3.28 $\pm$ 0.05  |
| <i>Bokwangkong</i>     | 173.33 $\pm$ 10.38 | 74.84 $\pm$ 0.64 | 84.15 $\pm$ 0.12 | -1.15 $\pm$ 0.01 | 14.61 $\pm$ 0.03 |

Values are expressed as mean $\pm$ SD (n=3).

을 나타내었고 봉의콩으로 만든 두부가 74.42%로 가장 낮은 수분함량을 나타내어 품종별 차이가 나타났다. 이러한 결과는 Sio(27)가 보고한 바와 같이 품종별 두부의 수분함량 차이는 콩에 들어 있는 단백질과 무기성분과의 결합력 차이에 의해 결합의 강도 및 결합시간의 차이가 발생하여 보수력에 영향을 주었기 때문이라 생각된다.

두부의 색도를 측정된 결과 청자콩, 다원콩, 선흑콩 및 검정콩4호를 제외한 나머지 품종으로 만든 두부의 L값은 79.44~86.16, a값은 -2.04~0.37 및 b값은 11.86~16.17 범위로 큰 차이를 보이지 않았지만 청자콩, 다원콩, 선흑콩 및 검정콩4호 만든 두부에서의 L값은 53.05~63.23, a값은 3.18~5.85 및 b값은 3.28~6.02 범위로 다른 품종과 많은 차이를 나타내었는데(Table 2) 이러한 이유는 Wang 등(28)이 팔달콩과 같은 검은색소를 함유한 대두 품종으로 제조한 두부의 색이 어두웠다는 보고와 같이 청자콩, 다원콩, 선흑콩 및 검정콩4호의 외피의 검정색 색소들이 콩을 마쇄하고 가열하여 두유를 만드는 과정에서 용출되어 두부로 이행되었기 때문이라 생각된다.

Table 4. Textures of tofu manufactured with selected soybean cultivars

| Cultivars              | Hardness (g)  | Cohesiveness | Elasticity |
|------------------------|---------------|--------------|------------|
| <i>Keumkangkong</i>    | 1338.62±53.52 | 0.37±0.06    | 3.46±0.38  |
| <i>Bongeuikong</i>     | 1659.42±87.48 | 0.21±0.01    | 2.41±0.38  |
| <i>Jinpumkong 2</i>    | 1696.05±25.35 | 0.33±0.07    | 2.31±0.66  |
| <i>Cheongjakong</i>    | 1473.14±94.64 | 0.20±0.05    | 2.38±0.81  |
| <i>Anpyeongkong</i>    | 1012.21±71.88 | 0.24±0.02    | 2.27±0.40  |
| <i>Hannamkong</i>      | 1099.61±49.54 | 0.25±0.01    | 2.94±0.45  |
| <i>Daepungkong</i>     | 893.55±39.59  | 0.32±0.02    | 3.71±0.11  |
| <i>Dawonkong</i>       | 1131.11±96.43 | 0.24±0.03    | 3.44±0.52  |
| <i>Hojangkong</i>      | 1056.89±79.91 | 0.35±0.07    | 3.19±0.39  |
| <i>Bangsakong</i>      | 1007.33±67.16 | 0.26±0.03    | 3.76±0.22  |
| <i>Seonheukkong</i>    | 696.78±69.86  | 0.24±0.02    | 3.07±0.52  |
| <i>Dongpuktae</i>      | 537.36±49.22  | 0.30±0.04    | 3.09±0.02  |
| <i>Geomjeongkong 4</i> | 831.79±32.69  | 0.32±0.05    | 3.55±0.18  |
| <i>Bokwangkong</i>     | 914.06±69.31  | 0.23±0.02    | 3.36±0.32  |

Values are expressed as mean±SD (n=4).

Texture

14종의 콩으로 만든 두부의 texture를 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 경도는 537.36~1696.05 g의 범위로 진 품종2호가 1696.05 g으로 가장 높았으며, 동북태가 537.36 g으로 가장 낮은 경도 값을 나타내었다. 응집성은 0.20~0.37의 범위를 나타내었으며, 탄성도는 2.27~3.76의 범위를 나타내어 품종 간 큰 차이를 보이지 않았다. 품종에 따라 texture가 다양한 분포로 나타나는 이유에 대해 Murphy와 Resurrection(29)은 콩 단백질 중의 phytate는 대부분이 7S 분획에 존재하기 때문에 콩의 단백질 함량과 조성, 두유내의 고형분 함량, 응고제 첨가량에 따라 두부의 강도에 영향을 받는 것이라 하였으며, 또한 Sio(27) 및 Park과 Hwang(13)은 phytate는 calcium과 결합하여 콩 단백질이 calcium과 결합하는 것을 경쟁적으로 저해시키므로 보수력을 증가시켜 부드러운 겔을 형성하는 역할을 하는 것으로 보고하였다. Mulvihill와 Kinsella(30)는 단백질 겔은 단백질-단백질, 단백질-용매 간의 인력에 의해 이루어지며 단백질의 3차원 망이 그 안에 물을 가두어 탄력성을 띄게 되는데 너무 빠른 응고는 단백질이 일정한 모양으로 정렬될 시간이 없으므로 단단해지며 물이 빠져나오는 이수현상을 가져와 두부의 texture에 영향을 미치는 것으로 보고하였는데, 본 연구결과에서도 품종별로 두부의 texture가 다른 것은 이와 같은 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하였기 때문이라 생각된다.

무기성분 함량

14종의 콩으로 만든 두부의 무기성분을 분석한 결과는 Table 5와 같이 칼슘 함량은 0.586~1.488 mg/g 범위로 분포 하였으며 다원콩이 가장 높은 함량을, 호장콩이 0.586 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 마그네슘 함량은 칼슘 함량과 비슷한 0.501~1.045 mg/g의 범위로 분포하였으며 선흑콩이 가장 높았고 금강콩이 가장 낮았다. 칼륨함량은 2.056~8.045 mg/g으로 넓은 분포를 나타내었으며 선흑콩이 가장 높은 함량을 나타내었고 금강콩이 가장 낮은 함량을

Table 5. Mineral contents of tofu manufactured with selected soybean cultivars (mg/g of dry basis)

| Cultivars              | Calcium     | Magnesium   | Potassium   | Sodium      | Ferrous     | Zinc        |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Keumkangkong</i>    | 0.591±0.017 | 0.501±0.024 | 2.056±0.314 | 0.019±0.002 | 0.009±0.001 | 0.020±0.003 |
| <i>Bongeuikong</i>     | 0.903±0.036 | 0.705±0.011 | 2.876±0.568 | 0.028±0.002 | 0.015±0.005 | 0.030±0.002 |
| <i>Jinpumkong 2</i>    | 0.984±0.012 | 0.721±0.019 | 3.540±0.116 | 0.041±0.007 | 0.025±0.001 | 0.056±0.001 |
| <i>Cheongjakong</i>    | 0.739±0.034 | 0.692±0.037 | 2.155±0.300 | 0.042±0.004 | 0.016±0.001 | 0.026±0.005 |
| <i>Anpyeongkong</i>    | 0.882±0.017 | 0.609±0.039 | 2.381±0.131 | 0.035±0.003 | 0.011±0.001 | 0.015±0.003 |
| <i>Hannamkong</i>      | 1.280±0.024 | 0.645±0.014 | 2.091±0.285 | 0.050±0.001 | 0.018±0.002 | 0.027±0.003 |
| <i>Daepungkong</i>     | 0.623±0.075 | 0.581±0.029 | 2.306±0.188 | 0.054±0.005 | 0.017±0.001 | 0.028±0.000 |
| <i>Dawonkong</i>       | 1.488±0.114 | 1.017±0.027 | 3.291±0.222 | 0.012±0.002 | 0.020±0.002 | 0.030±0.003 |
| <i>Hojangkong</i>      | 0.586±0.047 | 0.622±0.024 | 3.660±0.079 | 0.021±0.003 | 0.015±0.002 | 0.024±0.002 |
| <i>Bangsakong</i>      | 1.259±0.019 | 0.804±0.034 | 2.975±0.154 | 0.032±0.003 | 0.019±0.002 | 0.029±0.001 |
| <i>Seonheukkong</i>    | 1.023±0.075 | 1.045±0.067 | 8.045±0.276 | 0.059±0.001 | 0.038±0.002 | 0.059±0.002 |
| <i>Dongpuktae</i>      | 0.719±0.036 | 0.767±0.021 | 3.223±0.266 | 0.056±0.002 | 0.015±0.003 | 0.020±0.003 |
| <i>Geomjeongkong 4</i> | 0.856±0.034 | 0.824±0.028 | 3.356±0.044 | 0.036±0.002 | 0.010±0.001 | 0.019±0.002 |
| <i>Bokwangkong</i>     | 1.351±0.047 | 0.971±0.018 | 3.236±0.079 | 0.054±0.001 | 0.019±0.001 | 0.023±0.002 |

Values are expressed as mean±SD (n=3).

Table 6. Oxalate and phytate contents in soybean and tofu, and transfer ratio from soybean to tofu (mg/g of dry basis)

| Cultivars              | Soybean   |           | Tofu      |           | Transfer ratio (%) |         |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|---------|
|                        | Oxalate   | Phytate   | Oxalate   | Phytate   | Oxalate            | Phytate |
| <i>Keumkangkong</i>    | 3.20±0.01 | 2.59±0.12 | 0.01±0.00 | 0.24±0.03 | 0.31               | 9.27    |
| <i>Bongeuikong</i>     | 1.74±0.17 | 2.55±0.06 | 0.05±0.00 | 0.25±0.02 | 2.87               | 9.80    |
| <i>Jinpumkong 2</i>    | 1.92±0.04 | 3.04±0.04 | 0.07±0.02 | 0.03±0.00 | 3.65               | 0.99    |
| <i>Cheongjakong</i>    | 1.61±0.01 | 1.57±0.10 | 0.25±0.02 | 0.01±0.00 | 15.53              | 0.64    |
| <i>Anpyeongkong</i>    | 1.76±0.09 | 4.27±0.21 | 0.02±0.00 | 0.07±0.02 | 1.14               | 1.64    |
| <i>Hannamkong</i>      | 3.49±0.12 | 2.62±0.05 | 0.16±0.01 | 0.27±0.03 | 4.59               | 10.31   |
| <i>Daepungkong</i>     | 1.58±0.04 | 3.83±0.16 | 0.05±0.00 | 0.21±0.01 | 3.17               | 5.48    |
| <i>Dawonkong</i>       | 3.81±0.14 | 3.36±0.11 | 0.22±0.05 | 0.41±0.05 | 5.77               | 12.20   |
| <i>Hojangkong</i>      | 1.69±0.03 | 4.53±0.21 | 0.20±0.02 | 0.15±0.01 | 11.83              | 3.31    |
| <i>Bangsakong</i>      | 3.19±0.11 | 2.47±0.04 | 0.31±0.04 | 0.01±0.00 | 9.72               | 0.41    |
| <i>Seonheukkong</i>    | 1.24±0.02 | 1.59±0.01 | 0.14±0.01 | 0.25±0.01 | 11.29              | 15.72   |
| <i>Dongpuktae</i>      | 1.52±0.02 | 1.28±0.06 | 0.22±0.02 | 0.23±0.04 | 14.47              | 17.97   |
| <i>Geomjeongkong 4</i> | 2.03±0.07 | 4.63±0.19 | 0.40±0.02 | 0.25±0.02 | 19.70              | 5.40    |
| <i>Bokwangkong</i>     | 1.58±0.04 | 1.32±0.02 | 0.07±0.01 | 0.26±0.03 | 4.43               | 19.70   |

Values are expressed as mean±SD (n=3).

나타내었다. 원료 콩에서 미량을 나타낸 나트륨, 철 및 아연은 두부로 만들었을 경우에도 0.009~0.059 mg/g의 적은 양만이 검출되었다. Al-Wahsh 등(16)의 연구에 의하면 두부의 칼슘, 마그네슘 및 칼륨의 함량은 각각 0.04~2.84, 0.01~1.48 및 0.01~0.51 mg/g 범위로 보고하였는데 본 연구와 유사한 값을 나타내었다. 두부에서의 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨, 철 및 아연 함량이 콩과 두유에서 들어있는 함량보다 낮은 것에 대하여 Lee와 Rha(31)는 대두 단백질과 결합하지 않은 여분의 무기성분들이 oxalate 또는 phytate와 결합하여 빠져 나가는 것으로 생각하였으며, 또한 콩을 수침 후 마쇄하여 두미를 제조한 다음 일정 시간 동안 가열을 통해 두유와 비지로 분리하는 과정과 두유에 응고제를 첨가하여 두부를 성형과정에서 비지와 순물로 배출되었기 때문이라 보고하였다.

#### Oxalate 및 phytate 함량

14종의 콩과 이러한 콩으로 만든 두부의 oxalate 및 phytate 함량을 분석한 결과는 Table 5에 나타내었다. 원료 콩의 oxalate 함량은 1.24~3.81 mg/g 범위에 분포하였고 phytate 함량은 1.28~4.63 mg/g 범위에 분포하였다. 두부의 oxalate 함량은 0.01~0.40 mg/g 범위였으며, 검정콩4호로 조제된 두부가 가장 높은 함량을 나타내었고 금강콩이 가장 낮은 함량을 나타내었다. Phytate의 함량은 다원콩으로 만든 두부가 0.41 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고 청자콩과 방사콩이 0.01 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 Al-Wahsh 등(16)이 보고한 두부의 oxalate 및 phytate 함량은 각각 0.02~0.13 및 ND~6.21 mg/g 이었다는 결과 범위 내에 분포하였다. 콩 중의 oxalate 및 phytate가 두부로 전이된 양을 측정된 결과는 Table 6에서 보는 바와 같이 oxalate의 전이율은 검정콩4호가 19.70%로 가장 높은 전이율을 나타내었고 금강콩이 0.31%로 가장 낮은 전이율을 나타내었다. Phytate의 전이율은 0.41~19.70%

로 보광콩이 가장 높았고 방사콩이 가장 낮은 전이율을 나타내었다. Bhandari와 Kawabata(32)는 두부에서의 oxalate과 phytate 함량이 콩과 두유에서의 oxalate와 phytate 함량보다 낮은 이유에 대하여 두부를 만들기 위해 수침, 마쇄, 가열 및 여과 단계를 진행 후 두유와 비지로 분리하는 과정 및 두부를 응고시켜 두부와 순물로 분리하는 과정에서 대두 단백질과 결합하지 않은 여분의 무기성분들이 oxalate 또는 phytate와 결합을 형성하거나 phytate-protein이나 phytate-protein-mineral complexes와 같은 불용성 complexes를 형성하거나 phytate가 penta- 또는 tetraphosphates으로 가수분해 되었기 때문에 감소한 것으로 보고하였는데 본 연구에서도 이와 같은 이유로 두부의 oxalate와 phytate 함량이 감소한 것으로 생각된다.

#### Minerals, oxalate, phytate 및 texture 간의 상호관계

통계분석 결과 5% 유의수준에서 mineral(calcium, magnesium 및 potassium)과 oxalate 및 phytate 간의 상관관계수는 각각 0.160, 0.354와 0.099 및 0.296, 0.382와 0.172로 나타났으며 calcium, magnesium 및 potassium과 textures(hardness, cohesiveness 및 elasticity)는 -0.032, -0.548, 0.121과 -0.348, -0.460, 0.240 및 -0.361, -0.098, 0.046으로 나타났고 oxalate 및 phytate와 texture 간에는 각각 -0.326, -0.037과 0.349 및 -0.308, -0.011과 0.401로 나타나 각각의 함량 및 측정값 사이의 상관관계에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다(p>0.05).

#### 요 약

국산 콩으로 제조한 두부의 품질특성과 원료 콩과 두부에서의 oxalate와 phytate의 함량을 분석한 결과는 다음과 같다. 두부의 수율 및 수분함량은 각각 137.77~201.91% 및 74.42~80.01% 범위로 나타났으며, 색도는 검은색 외피를

갖고 있는 청자콩, 다원콩, 선홍콩 및 검정콩4호가 L값은 53.05~63.23, a값은 3.18~5.85 및 b값은 3.28~6.02로 다른 품종들에 비해 L값은 감소하였고 a값은 증가하였다. 두부의 hardness, cohesiveness, elasticity는 품종에 따라 각각 537.36~1696.05 g, 0.20~0.37 및 2.27~3.76으로 차이를 보였다. 두부의 calcium 함량은 0.586~1.488 mg/g 범위였으며, oxalate 함량은 0.01~0.40 mg/g 범위에서 검정콩4호로 조제된 두부가 가장 높은 함량을 나타내었고 phytate는 0.01~0.41 mg/g으로 다원콩으로 만든 두부가 가장 높은 함량을 나타내었다. 콩에서 두부로의 oxalate 및 phytate의 전이율은 각각 0.31~19.70 및 0.41~19.70%로 나타났다. 따라서 국산 장려콩을 이용하여 두부를 제조할 경우 phytate의 전이율이 높고 oxalate의 전이율이 낮은 한남콩, 다원콩 및 보광콩이 좋을 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업특정연구사업(20070101033030) 연구비 지원에 의하여 수행된 연구로 감사드립니다.

### 문헌

- Kim JS. 1996. Current research trends on bioactive function of soybean. *Korea Soybean Digest* 13: 17-24.
- Kim JY, Han JH, Kim JK, Moon KD. 2000. Quality attributes of whole soybean flour tofu affected by coagulant and their concentration. *Korean J Food Sci Technol* 32: 402-409.
- Kim JH, Woo EY, Kim KS, Kim KH. 2006. A study on the soybean curd (tofu) made from defatted soybean flour. *Korean J Food & Nutr* 19: 22-27.
- Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of various concentration of natural materials on the manufacturing of soybean curd. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 256-261.
- Chung HJ. 2006. A study to investigate ways to improve tofu menu developments and tofu menu image in relation to purchasing promotion. *Korean J Food Culture* 21: 187-192.
- Lee SJ, Chung ES, Park GS. 2006. Quality characteristics of tofu coagulated by apricot juice. *Korean J Food Cookery* 22: 825-831.
- Holmes RP, Goodman HO, Assimios DG. 1995. Dietary oxalate and its intestinal absorption. *Scanning Microscopy* 9: 1109-1120.
- Holloway WD, Argall ME, Jealous WT, Lee JA, Bradbury JH. 1989. Organic acid and calcium oxalate in tropical root crops. *J Agric Food Chem* 37: 337-341.
- Savage GP, Vanhanen LS, Mason M, Ross AB. 2000. Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate contents of some New Zealand food. *J Food Comp Anal* 13: 201-206.
- Palgi N, Vatnick I, Pinshov B. 2005. Oxalate, calcium and ash intake and excretion balances in fat sand rats (*Psammomys obesus*) feeding on two different diets. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 141: 48-53.
- Ross AB, Savage GP, Martin RJ, Vanhanen L. 1999. Oxalates in oca (New Zealand yam) (*Oxalis tuberosa* Mol.). *J Agric Food Chem* 47: 5019-5022.
- Cheryan M. 1980. Phytic acid interaction in food systems. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 13: 297-335.
- Park CK, Hwang IK. 1994. Effect of coagulant concentration and phytate addition on the contents of Ca and P and rheological property of soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 26: 355-358.
- Strong FM. 1974. Toxicants occurring naturally in foods. *Nutr Rev* 32: 225-231.
- Anderson RL, Wolf WJ. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytate, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J Nutr* 125: 581-588.
- Al-Wahsh IA, Horner HT, Palmer RG, Reddy MB, Massey LK. 2005. Oxalate and phytate of soy foods. *J Agric Food Chem* 53: 5670-5674.
- Mosha TC, Gaga HE, Pace RD, Laswai HS, Mtebe K. 1995. Effect of blanching on the contents of antinutritional factors in selected vegetables. *Plant Foods Hum Nutr* 47: 361-367.
- Kim KC, Hwang IG, Yoon GM, Song HL, Kim HS, Jang KI, Jeong HS. 2009. Minerals, oxalate and phytate contents of recommended soybean cultivars in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 870-878.
- Han MR, Kim AJ, Chung KS. 2006. Development of optimum processing conditions for soybean curd. *Food Eng Prog* 10: 66-72.
- Kang NS, Kim JH, Kim JK. 2007. Quality characteristics of soybean curd mixed with freeze dried onion powder. *Korean J Food Preserv* 14: 47-53.
- Pyun JW, Kim HS, Park CK, Hwang IK. 1991. Effect of coagulant and additives on qualities of soybean curd tofu. *Korean Soybean Digest* 8: 15-23.
- Kim JS, Choi SY. 2008. Quality characteristics of soybean curd with omija extract. *Korean J Food & Nutr* 21: 43-50.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 8-35.
- Haung WG, Lantzsch HJ. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J Agric Food Chem* 34: 1423-1426.
- Kwon SH. 1972. Origin and importance of protein and oil of Korean soybean. *Korean J Food Sci Technol* 4: 158-161.
- Im JG, Park IK, Kim SD. 2004. Quality characteristics of tofu added with basil water extracts. *Korean J Food Cookery* 20: 144-150.
- Sio K. 1979. Tofu-relationship between texture and fine structure. *Cereal Food World* 24: 342-347.
- Wang HL, Swain EW, Kwolek WF. 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem* 60: 245-248.
- Murphy PA, Resurrection AP. 1984. Varietal and environmental differences in soybean glycinin and  $\beta$ -conglycinin. *J Agric Food Chem* 32: 911-916.
- Mulvihill DM, Kinsella JE. 1987. Gelation characteristics of whey proteins and  $\beta$ -lactoglobulin. *Food Tech* 41: 102.
- Lee CH, Rha CK. 1978. Microstructure of soybean protein aggregates and relation to the physical and textural properties of the curd. *J Food Sci* 43: 79-85.
- Bhandari MR, Kawabata J. 2006. Cooking effects on oxalate, phytate, trypsin and  $\alpha$ -amylase inhibitors of wild yam tubers of Nepal. *J Food Comp Anal* 19: 524-530.