

## 국산 장려콩으로 만든 두유의 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> · 정헌상<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과

<sup>2</sup>충북대학교 식물자원학과

### Quality Characteristics and Mineral, Oxalate and Phytate Contents of Soymilk 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 quality characteristics, and mineral, oxalate and phytate content during soymilk process. The yields of soymilk ranged from 8.43 mL/g in *Bokwangkong* to 9.15 mL/g in *Bongeuikong* and *Hannamkong*, and total soluble solid contents were ranged from 4.37°Brix in *Anpyeongkong* to 7.17°Brix in *Bongeuikong*, respectively. The pH and total acidity of soymilk ranged from 6.43 to 6.86 and from 1.48% to 1.65%, respectively. The viscosity of soymilk was the highest value of 20.80 cP in *Hannamkong* and the lowest value of 15.73 cP in *Dawonkong*. The highest value of calcium content of soymilk was 1.589 mg/g in *Seonheukkong*, and oxalate and phytate in soymilk were high at 2.14 mg/g in *Hannamkong* and 2.18 mg/g in *Anpyeongkong*, respectively. The transfer ratio of oxalate from soybean to soymilk was the highest value of 77.6% in *Jinpumkong 2*, and one of the phytate was the highest value of 87.5% in *Dongpuktae* and the lowest value of 13.9% in *Hojangkong*.

**Key words:** recommended soybean, soymilk, oxalate, phytate, transfer ratio

#### 서 론

두유는 대두를 추출하여 음료의 형태로 가공한 대표적인 대두 가공식품으로 수용성 단백질과 불포화지방산 및 필수 아미노산의 함량이 높고 곡류 위주의 식습관으로 결핍되기 쉬운 lysine이 풍부하여 예로부터 널리 이용되어 왔으며(1,2) 최근 이소플라본, 사포닌, phytate, 트립신 저해제 등 기능성 성분으로 인한 생리활성 효과가 입증되면서 소비량이 증가하고 있다(3). 두유의 생리활성은 콩에 들어 있는 isoflavone, phytate, saponin 및 carotenoids 등의 다양한 성분에 기인하며 항산화작용, 골다공증 예방, 혈압강화작용, 항 혈전작용, 항암, 항노화, 항비만, HIV 증식 억제, 고지혈증 및 담석증 예방 등 주로 성인병 예방과 밀접한 관련이 있음이 보고되었다(4).

대두에 존재하는 oxalate는 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 및 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 등의 물에 녹는 수용성 이온들과 결합되어 soluble oxalate로 존재하거나 Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> 및 Mg<sup>2+</sup> 등의 이온과 같은 무기질들과 결합되어 있는 형태로 insoluble oxalate로 존재하며(5), calcium과 같

은 mineral의 흡수를 방해하고 무기질의 유용성을 감소시키며, calcium oxalate는 신장결석을 발생시킴으로써 인체의 영양과 건강에 유해한 요소로 알려져 있다(6). Phytate는 다가가 음이온 물질로서 반응성이 매우 강하여 대두 단백질의 양이온기와 결합하고 있으며(7), 2가 혹은 3가 금속이온들과 쉽게 결합하여 무기물의 체내 흡수를 저해한다고 알려져 있지만(8), 소장에서 free radical을 생성하는 철과 함께 결합하여 불용성 복합체를 형성하여 철의 free radical 생성을 억제하기 때문에 항암작용을 하며, 항산화 효과 및 체내 지방산화 감소 효과가 보고되어 이에 대한 관심이 높아지고 있다(9).

Oxalate에 관한 연구로는 뉴질랜드의 다소비 채소 가운데 조리 전후 oxalate 함량을 비교한 연구(10), 지역별로 채집한 oca(*Oxalis tuberosa* Mol)의 oxalate 함량분석 연구(11), cabbage, collard, peanut 및 sweet potato 등을 데치기 했을 때 oxalate와 phytate 함량 연구(12), 미국에서 소비되는 soy foods에 대한 oxalate 및 phytate 함량 연구(13) 등이 진행되었지만 국산 콩 제품에 대한 oxalate 및 phytate 함량에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

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

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

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에 사용한 콩은 국산 장려품종 가운데 calcium, oxalate 및 phytate 함량 분석을 통해 선발된 품종(14)으로 충북대학교 식물자원학과에서 제공 받았으며  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 보관하면서 두유 제조를 위한 시료로 사용하였다.

### 두유 제조

콩 60 g을 10배량의 증류수를 첨가하여 상온에서 24시간 동안 수침한 후, 대두의 10배에 해당하는 증류수를 가하여 분쇄기(HR-2870, Philips, Amsterdam, Netherlands)를 사용하여 3분간 분쇄 하였다. 분쇄한 두미액을  $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ 에서 10분간 끓인 후 면포로 착즙하여 두유를 만든 후 실험에 사용하였다(15).

### 수율 측정

두유의 수율은 생산된 두유의 부피(mL)를  $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ 의 실온에서 측정하여 원료 대두의 단위 무게 g당 두유의 생산량(mL/g)으로 나타내었다(16).

### pH 및 총산도 측정

두유의 pH는 pH meter(Orion 4 star, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)로 측정하였으며(17), 총 산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 두유 1 mL를 중화하는데 소요되는 mL를 lactic acid로 환산하여 나타내었으며 각각 3회 반복 측정하였다(18).

### 색도 측정

두유의 색도는 색차계(Chromatometer CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 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(17).

### 점도 측정

두유의 점도는 회전점도계(Brookfield viscometer RV-DV II<sup>+</sup>, Brookfield Engineering Labs, Middleboro, MA, USA)로  $20^{\circ}\text{C}$ 에서 spindle No. 2를 사용하여 100 rpm으로 60초간 회전시킨 후 측정하였으며 3회 반복 측정하였다(19).

### 무기성분 함량 분석

무기성분은 AOAC 방법(20)에 따라 건식법으로 전처리하여 분석하였다. 시료 2 g을  $550^{\circ}\text{C}$ 에서 회화한 후 0.5 N

$\text{HNO}_3$  10 mL을 넣고 균질화 시킨 다음 유리여과기(GF/C, 90 mm, Whatman, Maidstone, England)로 여과하고 0.5 N  $\text{HNO}_3$  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

Oxalate 함량은 Savage 등(10)의 실험 방법을 이용하여 분석하였다. 각각의 시료 10 g에 2 N HCl 20 mL을 가하고 균질기(Ultra Turrax T25, IKA Lab, Kuala Lumpur, Malaysia)로 16,000 rpm에서 1분간 균질화 하였다. 추가적으로 2 N HCl 10 mL를 사용하여 균질기에 남아 있는 시료를 깨끗이 씻어 준 다음 여액을 합해서  $80^{\circ}\text{C}$  진탕수조(JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 15분간 교반하였다. 교반된 시료를 냉각시켜 여과지(8  $\mu\text{m}$ , No. 2, Whatman)로 여과한 후 100 mL 메스플라스크에 옮기고 2 N HCl을 사용하여 100 mL로 정용하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료를 여과(0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter, Sartorius AG, Gottingen, Germany)하고 증류수로 10배 희석한 후 HPLC(Thermo Separation Products, Waltham, MA, USA)로 oxalate를 분석하였다. Column은 aminex HPX-87H ion exclusion column (300 mm $\times$ 7.8 mm i.d.; Bio-Rad, Hercules, CA, USA)과 micro-Guard Cation H cartridge(30 mm $\times$ 4.6 mm, Bio-Rad)를 사용하였고, 이동상은 0.008 N sulphuric 용액을 0.6 mL/min의 유속으로 흘리고 20  $\mu\text{L}$  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

콩 및 두유 중의 phytate 함량은 Haung과 Lantzsch(21)의 실험방법을 약간 변형하여 분석하였다. 즉, 시료 20 g에 2.0% (v/v) HCl-10%(w/v)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  용액 50 mL을 넣고, 상온에서 교반기(Vision Scientific Co., Bucheon, Korea)로 200 rpm에서 3시간 추출 후 여과(20~25  $\mu\text{m}$ , Whatman)하였다. 여과액 10 mL을 falcon tube에 담은 후  $\text{FeCl}_3(\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$  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 원심분리 하여 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 acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 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 분석하였으며 표준물질로는 sodium phytate(Sigma-Aldrich)를 사용하였다. 모든 분석은 모두 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 산출하였으며 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 각 측정값 간의 유의성을 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**두유의 수율, 고형분 함량, pH 및 총산도**

14종의 장려 콩으로 제조한 두유의 수율, 고형분 함량, pH 및 총 산도를 측정된 결과, Table 1과 같이 품종에 따라 유의적인 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 두유의 수율은 사용된 콩 품종에 따라 8.43~9.15 mL/g의 범위를 나타내었으며 봉의콩 및 한남콩으로 만든 두유가 9.15 mL/g으로 가장 높은 수율을 나타내었고 보광콩으로 만든 두유가 8.43 mL/g으로 가장 낮은 수율을 나타내었다. 각 품종마다 두유 수율의 차이가 나는 것은 대두를 수침하고 마쇄하는 과정에서 가용성 성분들이 용출되어 나오는 양이 차이가 나기 때문이며, 또한 수화과정 시 미생물에 의해 수율이 감소된다는 Kim과 Pyun (22)의 연구결과로 미루어 볼 때 본 실험 결과도 이와 같은 이유라 생각된다. 두유의 고형분 함량은 안평콩의 4.37°Brix에서 봉의콩의 7.17°Brix 범위를 나타내었는데 이러한 고형분 함량의 차이는 대두의 수용성 단백질과 탄수화물 등의 가용성 고형분 함량이 품종별로 다르기 때문이라 보고한 Chang 등(23)의 연구로 미루어 볼 때 본 실험에 사용된 콩의 가용성 성분 함량의 차이에 기인된 결과라 생각된다. 두유의 pH는 콩 품종별로 6.43(다원콩)~6.86(보광콩) 범위로 중성

에 가까운 값을 나타내었으며 물로만 제조된 두유의 pH는 중성에 가까운 6.5~6.8이었다는 Liu(24)의 결과와 유사하였다. 두유의 총 산도도 pH의 경우와 유사하게 1.48(호장콩)~1.65%(방사콩) 범위를 나타내었으며, 품종에 따라 큰 차이를 보이지 않았지만 약간의 차이가 나타나는 것은 콩에 들어 있는 유기산 등의 조성 및 함량 차이에 의한 것으로 생각된다. 두유의 점도는 다원콩의 15.73 cP에서 한남콩의 20.80 cP 범위를 나타내었다. Kim과 Kim(25)은 두유의 현탁 안정성, 관능적 특성 및 음료의 기능적 특성과 관계가 있는 점도는 단백질 함량 및 고형분 농도 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 이에 따라 두유의 가열처리로 단백질이 변성되어 점도가 증가되는 것으로 보고하였는데 본 실험에서 품종별로 만든 두유의 점도 차이가 발생하는 것은 두유의 고형분, 단백질, 탄수화물의 농도 및 두유의 가열처리 시 단백질 변성에 의해 차이가 나타나는 것으로 생각된다.

**색도**

서로 다른 품종으로 제조한 두유의 색도는 Table 2에서 보는 바와 같이 외피가 흑색인 청자콩, 다원콩, 선흑콩 및 검정콩4호로 만든 두유의 L값은 64.98~81.37, a값은 4.57~6.38 및 b값은 -0.48~3.71 범위이었으며, 외피가 황색인 나머지 품종들에 대한 L값은 92.18~115.40, a값은 -1.78~0.96 및 b값은 -0.05~9.54 범위를 나타내었다. 4종류의 품종으로 만든 두유가 다른 품종들로 만든 두유에 비하여 L값은 작았으며, 적색도를 나타내는 a값은 증가하였는데 이는 Wang 등(26)과 Chang 등(27)이 팔달콩과 같은 검은 hilum 및 seed coat을 갖는 대두 품종으로 제조한 두부의 색이 어두웠다는 보고와 마찬가지로 청자콩, 다원콩, 선흑콩 및 검정콩4호의 외피의 검정색 색소들에 의한 영향으로 판단된다.

**무기성분 함량**

두유의 무기성분 함량 분석 결과 calcium 함량은 품종별로 0.714~1.589 mg/g 범위이었으며, 선흑콩이 1.589 mg/g

Table 1. Yield, total soluble solid, pH, and total acidity of soymilk manufactured with soybean cultivars

No.	Cultivars	Yield (mL/g)	Total soluble solid (°Brix)	pH	Total acidity (%)	Viscosity (cP)
1	<i>Keumkangkong</i>	8.65 ± 0.15 <sup>bcd1)</sup>	6.63 ± 0.15 <sup>f</sup>	6.78 ± 0.05 <sup>def</sup>	1.56 ± 0.02 <sup>bcde</sup>	18.53 ± 0.23 <sup>f</sup>
2	<i>Bongeuikong</i>	9.15 ± 0.08 <sup>g</sup>	7.17 ± 0.06 <sup>g</sup>	6.71 ± 0.04 <sup>bcd</sup>	1.64 ± 0.02 <sup>gh</sup>	18.53 ± 0.21 <sup>f</sup>
3	<i>Jinpumkong 2</i>	8.97 ± 0.13 <sup>efg</sup>	5.53 ± 0.15 <sup>cd</sup>	6.65 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.58 ± 0.04 <sup>defg</sup>	17.60 ± 0.26 <sup>d</sup>
4	<i>Cheongjakong</i>	8.82 ± 0.14 <sup>de</sup>	6.57 ± 0.21 <sup>f</sup>	6.68 ± 0.03 <sup>bc</sup>	1.57 ± 0.03 <sup>cdef</sup>	18.27 ± 0.21 <sup>ef</sup>
5	<i>Anpyeongkong</i>	9.98 ± 0.10 <sup>efg</sup>	4.37 ± 0.06 <sup>a</sup>	6.74 ± 0.01 <sup>cde</sup>	1.61 ± 0.04 <sup>efgh</sup>	18.00 ± 0.17 <sup>e</sup>
6	<i>Hannamkong</i>	9.15 ± 0.13 <sup>g</sup>	4.50 ± 0.17 <sup>a</sup>	6.80 ± 0.02 <sup>ef</sup>	1.60 ± 0.04 <sup>efgh</sup>	20.80 ± 0.25 <sup>j</sup>
7	<i>Daepungkong</i>	8.90 ± 0.08 <sup>ef</sup>	5.23 ± 0.15 <sup>c</sup>	6.50 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.05 <sup>gh</sup>	16.13 ± 0.11 <sup>b</sup>
8	<i>Dawonkong</i>	8.58 ± 0.09 <sup>abc</sup>	5.67 ± 0.25 <sup>de</sup>	6.43 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.63 ± 0.02 <sup>fgh</sup>	15.73 ± 0.13 <sup>a</sup>
9	<i>Hojangkong</i>	8.76 ± 0.13 <sup>cde</sup>	5.90 ± 0.30 <sup>e</sup>	6.84 ± 0.03 <sup>f</sup>	1.48 ± 0.03 <sup>a</sup>	17.47 ± 0.23 <sup>cd</sup>
10	<i>Bangsakong</i>	8.66 ± 0.14 <sup>abcd</sup>	6.63 ± 0.23 <sup>f</sup>	6.65 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.65 ± 0.03 <sup>h</sup>	19.07 ± 0.25 <sup>g</sup>
11	<i>Seonheukkong</i>	8.48 ± 0.09 <sup>ab</sup>	7.10 ± 0.26 <sup>g</sup>	6.74 ± 0.02 <sup>cde</sup>	1.52 ± 0.03 <sup>abcd</sup>	18.00 ± 0.21 <sup>e</sup>
12	<i>Dongpuktae</i>	9.11 ± 0.07 <sup>fg</sup>	5.70 ± 0.10 <sup>de</sup>	6.74 ± 0.03 <sup>cde</sup>	1.49 ± 0.04 <sup>a</sup>	17.20 ± 0.05 <sup>c</sup>
13	<i>Geomjeonkong 4</i>	8.97 ± 0.13 <sup>efg</sup>	5.30 ± 0.10 <sup>c</sup>	6.64 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.50 ± 0.05 <sup>ab</sup>	16.40 ± 0.18 <sup>b</sup>
14	<i>Bokwangkong</i>	8.43 ± 0.15 <sup>a</sup>	4.93 ± 0.06 <sup>b</sup>	6.86 ± 0.04 <sup>f</sup>	1.51 ± 0.04 <sup>abc</sup>	19.60 ± 0.12 <sup>h</sup>

<sup>1)</sup>Values are expressed as mean ± SD (n=3). Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

Table 2. Hunter color values of soymilk manufactured with soybean cultivars

Cultivars	Seed coat color	L	a	b
<i>Keumkangkong</i>	Yellow	98.46±1.64	-0.17±0.04	4.74±0.07
<i>Bongeuikong</i>		97.73±3.47	0.63±0.03	1.41±0.06
<i>Jinpumkong 2</i>		98.27±2.39	-1.78±0.12	4.00±0.09
<i>Anpyeongkong</i>		107.08±3.79	0.32±0.02	-0.05±0.06
<i>Hannamkong</i>		95.40±6.59	0.57±0.02	3.80±0.05
<i>Daepungkong</i>		100.32±2.57	0.15±0.06	1.52±0.04
<i>Hojangkong</i>		92.18±2.18	0.04±0.02	5.83±0.46
<i>Bangsakong</i>		105.19±1.00	0.96±0.02	4.89±0.10
<i>Dongpuktae</i>		108.68±5.66	0.94±0.01	3.41±0.04
<i>Bokwangkong</i>		115.40±0.17	0.46±0.05	9.54±0.03
<i>Cheongjakong</i>	Black	70.99±1.01	4.57±0.07	0.66±0.07
<i>Dawonkong</i>		64.98±2.38	4.70±0.17	-0.48±0.05
<i>Seonheukkong</i>		81.37±1.91	5.43±0.04	3.71±0.06
<i>Geomjeonkong 4</i>		79.15±1.14	6.38±0.08	0.79±0.06

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

Table 3. Mineral contents of soymilk manufactured with soybean cultivars

(mg/g of dry basis)

Cultivars	Calcium	Magnesium	Potassium	Sodium	Ferrous	Zinc
<i>Keumkangkong</i>	0.714±0.017 <sup>a1)</sup>	0.601±0.024 <sup>a</sup>	3.579±0.314 <sup>a</sup>	0.028±0.002 <sup>b</sup>	0.019±0.001 <sup>ab</sup>	0.027±0.003 <sup>a</sup>
<i>Bongeuikong</i>	1.226±0.036 <sup>e</sup>	1.055±0.011 <sup>ef</sup>	5.987±0.568 <sup>fg</sup>	0.028±0.002 <sup>b</sup>	0.019±0.005 <sup>ab</sup>	0.035±0.002 <sup>bc</sup>
<i>Jinpumkong 2</i>	1.023±0.012 <sup>d</sup>	0.921±0.019 <sup>cd</sup>	5.410±0.116 <sup>cde</sup>	0.048±0.007 <sup>d</sup>	0.035±0.001 <sup>f</sup>	0.066±0.001 <sup>e</sup>
<i>Cheongjakong</i>	1.002±0.034 <sup>d</sup>	0.792±0.037 <sup>b</sup>	5.155±0.300 <sup>c</sup>	0.045±0.004 <sup>d</sup>	0.026±0.001 <sup>de</sup>	0.033±0.004 <sup>b</sup>
<i>Anpyeongkong</i>	1.486±0.017 <sup>fg</sup>	1.109±0.039 <sup>ghi</sup>	6.381±0.131 <sup>g</sup>	0.035±0.003 <sup>c</sup>	0.022±0.001 <sup>bc</sup>	0.045±0.003 <sup>d</sup>
<i>Hannamkong</i>	1.291±0.024 <sup>e</sup>	0.945±0.014 <sup>d</sup>	4.091±0.285 <sup>b</sup>	0.050±0.001 <sup>de</sup>	0.020±0.001 <sup>bc</sup>	0.038±0.003 <sup>c</sup>
<i>Daepungkong</i>	0.952±0.075 <sup>cd</sup>	0.881±0.029 <sup>c</sup>	4.306±0.188 <sup>b</sup>	0.054±0.005 <sup>ef</sup>	0.022±0.001 <sup>bc</sup>	0.032±0.000 <sup>b</sup>
<i>Dawonkong</i>	1.501±0.114 <sup>g</sup>	1.117±0.027 <sup>gh</sup>	6.291±0.222 <sup>g</sup>	0.022±0.002 <sup>a</sup>	0.027±0.002 <sup>e</sup>	0.033±0.003 <sup>b</sup>
<i>Hojangkong</i>	0.859±0.047 <sup>b</sup>	0.822±0.024 <sup>b</sup>	5.660±0.079 <sup>def</sup>	0.031±0.003 <sup>bc</sup>	0.019±0.002 <sup>ab</sup>	0.031±0.002 <sup>ab</sup>
<i>Bangsakong</i>	1.457±0.019 <sup>fg</sup>	0.804±0.034 <sup>b</sup>	4.975±0.154 <sup>c</sup>	0.047±0.003 <sup>d</sup>	0.023±0.002 <sup>cd</sup>	0.039±0.001 <sup>c</sup>
<i>Seonheukkong</i>	1.589±0.075 <sup>h</sup>	1.141±0.067 <sup>h</sup>	12.045±0.276 <sup>h</sup>	0.077±0.001 <sup>g</sup>	0.047±0.002 <sup>g</sup>	0.079±0.002 <sup>f</sup>
<i>Dongpuktae</i>	0.759±0.036 <sup>a</sup>	0.967±0.021 <sup>d</sup>	5.723±0.266 <sup>ef</sup>	0.056±0.002 <sup>f</sup>	0.020±0.003 <sup>bc</sup>	0.032±0.001 <sup>b</sup>
<i>Geomjeonkong 4</i>	0.876±0.034 <sup>bc</sup>	1.024±0.028 <sup>e</sup>	5.356±0.044 <sup>cde</sup>	0.036±0.002 <sup>c</sup>	0.016±0.001 <sup>a</sup>	0.033±0.002 <sup>b</sup>
<i>Bokwangkong</i>	1.401±0.047 <sup>f</sup>	1.071±0.018 <sup>efg</sup>	5.236±0.079 <sup>cd</sup>	0.054±0.001 <sup>ef</sup>	0.022±0.001 <sup>bc</sup>	0.031±0.002 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Values are expressed as mean±SD (n=3). Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

으로 가장 높았고 금강콩이 0.714 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(Table 3, p<0.05). Magnesium 함량은 0.601~1.141 mg/g의 범위로 분포하였으며 calcium 함량이 높았던 선홍콩이 가장 높았고 금강콩이 가장 낮은 함량을 나타내었다. Potassium 함량은 3.579~12.045 mg/g으로 넓은 범위로 분포하였으며, calcium 및 magnesium 함량이 높았던 선홍콩이 가장 높았고 금강콩이 가장 낮은 함량을 나타내었다. 원료 콩 중에 적게 함유되어 있던 sodium, ferrous 및 zinc는 두유에서도 0.016~0.079 mg/g으로 적게 함유되어 있었다. Al-Wahsh 등(13)은 soy foods 중 두유에 함유되어 있는 calcium 및 magnesium 함량은 각각 0.11~0.20 및 0.20~0.30 mg/g이라 보고한 결과와는 차이를 나타내었는데 이는 콩 품종 및 제조방법에 따른 차이로 판단된다. 또한 두유에 함유되어있는 무기성분 함량이 원료 콩보다 낮은 것은 두유를 만드는 과정 중에 단백질의 카르복실기, 음의 전하를 갖는 아미노산, sulfhydryl기, phytate 및 oxalate 등과 반응하여 불용성 complex를 형성하여(28) 두유로 용출되지 않고 비지로 빠져나가기 때문이라 생각된다.

#### Oxalate와 phytate 함량 및 전이율

두유 중에 함유된 oxalate 및 phytate 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같이 oxalate 함량은 0.24~2.14 mg/g 범위에서 한남콩이 가장 높은 함량을 나타내었고 안평콩이 가장 낮은 함량을 나타내어 콩 품종 간 차이를 나타내었다(p<0.05). 두유 중의 oxalate 함량이 원료 콩 중의 함량보다 낮게 나타났는데 이것은 두유의 제조과정 중 불용성 oxalate가 두유로 용출되지 않고 비지에 남아서 분리되었기 때문으로 생각된다. 또한 phytate의 함량은 안평콩으로 만든 두유가 2.18 mg/g으로 가장 높았으며, 호장콩이 0.63 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. Al-Wahsh 등(13)에 의하면 두유에 들어 있는 oxalate 함량은 0.01~0.02 mg/g 그리고 phytate 함량은 0.8~1.33 mg/g이라 하였는데 oxalate 함량은 본 실험결과가 높았고 phytate 함량은 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 품종 및 두유 제조방법의 차이에 따른 것으로 생각된다. Bhandari와 Kawabata(29)에 의하면 phytate 및 oxalate 함량이 두유에서 감소한 것은 두유 제조과정 중에 phytate-protein이나 phytate-protein-mineral과 같은 불용

Table 4. Oxalate and phytate contents in soybean and soymilk, and transfer ratio from soybean to soymilk (mg/g of dry basis)

Cultivar	Soybean		Soymilk		Transfer ratio (%)	
	Oxalate	Phytate	Oxalate	Phytate	Oxalate	Phytate
<i>Keumkangkong</i>	3.20±0.01 <sup>g1)</sup>	2.59±0.12 <sup>c</sup>	0.95±0.02 <sup>f</sup>	0.76±0.08 <sup>b</sup>	29.7	29.3
<i>Bongeuikong</i>	1.74±0.17 <sup>de</sup>	2.55±0.06 <sup>c</sup>	0.66±0.08 <sup>d</sup>	2.13±0.11 <sup>l</sup>	34.4	83.5
<i>Jinpumkong 2</i>	1.92±0.04 <sup>f</sup>	3.04±0.04 <sup>d</sup>	1.49±0.02 <sup>h</sup>	1.93±0.02 <sup>h</sup>	77.6	63.5
<i>Cheongjakong</i>	1.61±0.01 <sup>bcd</sup>	1.57±0.10 <sup>b</sup>	0.83±0.01 <sup>e</sup>	1.14±0.05 <sup>e</sup>	51.6	72.6
<i>Anpyeongkong</i>	1.76±0.09 <sup>e</sup>	4.27±0.21 <sup>g</sup>	0.24±0.02 <sup>a</sup>	2.18±0.06 <sup>l</sup>	13.6	51.1
<i>Hannamkong</i>	3.49±0.12 <sup>h</sup>	2.62±0.05 <sup>c</sup>	2.14±0.04 <sup>k</sup>	0.79±0.03 <sup>bc</sup>	61.3	30.2
<i>Daepungkong</i>	1.58±0.04 <sup>bc</sup>	3.83±0.16 <sup>f</sup>	0.52±0.08 <sup>c</sup>	1.42±0.09 <sup>f</sup>	32.9	37.1
<i>Dawonkong</i>	3.81±0.14 <sup>i</sup>	3.36±0.11 <sup>e</sup>	1.04±0.01 <sup>g</sup>	1.59±0.05 <sup>g</sup>	27.3	47.3
<i>Hojangkong</i>	1.69±0.03 <sup>cde</sup>	4.53±0.21 <sup>h</sup>	1.03±0.03 <sup>g</sup>	0.63±0.04 <sup>a</sup>	60.9	13.9
<i>Bangsakong</i>	3.19±0.11 <sup>g</sup>	2.47±0.04 <sup>c</sup>	1.78±0.05 <sup>i</sup>	1.33±0.04 <sup>f</sup>	55.8	53.9
<i>Seonheukkong</i>	1.24±0.02 <sup>a</sup>	1.59±0.01 <sup>b</sup>	0.70±0.03 <sup>d</sup>	0.88±0.01 <sup>cd</sup>	56.5	55.3
<i>Dongpuktae</i>	1.52±0.02 <sup>b</sup>	1.28±0.06 <sup>a</sup>	0.87±0.02 <sup>c</sup>	1.12±0.04 <sup>e</sup>	57.2	87.5
<i>Geomjeonkong 4</i>	2.03±0.07 <sup>f</sup>	4.63±0.19 <sup>h</sup>	0.99±0.02 <sup>fg</sup>	1.87±0.08 <sup>h</sup>	48.8	40.4
<i>Bokwangkong</i>	1.58±0.04 <sup>bc</sup>	1.32±0.02 <sup>a</sup>	0.39±0.05 <sup>b</sup>	0.98±0.06 <sup>d</sup>	24.7	74.2

<sup>1)</sup>Values are expressed as mean±SD (n=3). Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

성 complex를 형성하거나 phytate가 penta- 또는 tetra-phosphates로 가수분해 되었기 때문이라 보고하였는데 본 연구 결과도 이와 유사한 이유로 감소한 것으로 생각된다. 원료 콩의 oxalate 및 phytate가 두유로 전이된 양을 보면 (Table 4) oxalate의 전이율은 진품콩2호가 77.6%로 가장 높은 전이율을 나타내었고 안평콩이 13.6%로 가장 낮은 전

이율을 나타내었다. Phytate의 전이율은 13.9~87.5%로 동북태가 가장 높았고 호장콩이 가장 낮은 전이율을 나타내었다.

두유의 calcium, oxalate 및 phytate 함량 분포 및 상관관계

14종의 장려 콩으로 만든 두유의 calcium, phytate 및

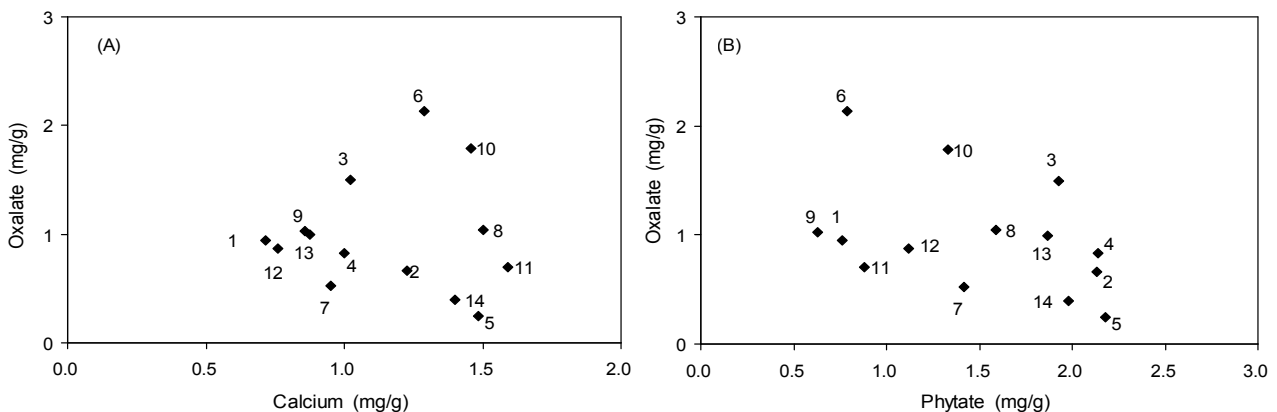


Fig. 1. Correlation between calcium-oxalate (A) and phytate-oxalate (B) in soymilk manufactured with soybean cultivars. Sample numbers refer to Table 1.

Table 5. Correlation coefficients between quality characteristics, and mineral, oxalate and phytate contents of soymilk manufactured with soybean cultivars

	Yield	Total soluble solid	pH	Total acidity	Viscosity	Calcium	Magnesium	Oxalate	Phytate
Yield	1.00	-0.26	-0.08	0.18	0.03	-0.37	0.08	0.21	0.43
Total soluble solid		1.00	-0.03	0.04	-0.03	-0.05	-0.27	-0.01	-0.14
pH			1.00	-0.56 <sup>**</sup>	0.71 <sup>**</sup>	-0.11	-0.15	-0.01	-0.47
Total acidity				1.00	0.05	0.41	-0.01	0.19	0.46
Viscosity					1.00	0.26	-0.17	0.37	-0.35
Calcium						1.00	0.64 <sup>*</sup>	-0.01	0.19
Magnesium							1.00	-0.33	0.44
Oxalate								1.00	-0.24
Phytate									1.00

\*p<0.05, \*\*p<0.01; Significantly different by Duncan's multiple range test.

oxalate 함량 분포는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 calcium과 oxalate 함량 분포(Fig. 1A)에서 calcium 함량은 0.71~1.59 mg/g 범위로 분포하였으며 oxalate 함량은 0.24~2.14 mg/g 범위로 calcium보다 넓은 함량 분포를 나타내었다. Phytate와 oxalate 함량 분포(Fig. 1B)에서 phytate 함량은 0.63~2.18 mg/g 범위로 oxalate보다 넓은 함량 분포를 나타내었다. 두유의 품질특성 간에 상관계수는 pH와 총산도 및 점도를 제외한 나머지는 -0.26~0.18의 범위로 낮은 상관성을 나타내었으며, 품질특성과 mineral, 품질특성과 oxalate 및 phytate 및 mineral과 oxalate 및 phytate 간의 상관계수는 각각 -0.37~0.41, -0.47~0.46 및 -0.33~0.44의 범위로 상관성이 높지 않은 것으로 나타내었다. pH와 총산도 간의 상관계수는 -0.56( $p<0.01$ )으로 음의 높은 상관성을 보였으며 pH와 점도 및 calcium과 magnesium 간의 상관계수는 각각 0.71( $p<0.01$ ) 및 0.64( $p<0.05$ )로 양의 높은 상관성을 나타내었다(Table 5). Calcium, oxalate 및 phytate 함량 분포를 통해 oxalate보다 상대적으로 많은 calcium과 phytate 함량을 함유하고 있는 봉의콩, 안평콩 및 보광콩이 옥살산칼슘 생성 가능성을 최소화시킬 수 있는 품종으로 생각된다. 이러한 품종을 사용할 경우 장점은 옥살산칼슘 생성 가능성을 최소화시키고, phytate의 다양한 생리활성에 따른 생체 내의 이점 등이 있으나 단점으로는 phytate가 2가 혹은 3가 금속이온들과 쉽게 결합하여 무기물의 체내 흡수를 저해할 수 있다는 점과 봉의 품종은 병충해에 약하기 때문에 재배되지 않고 있다는 단점이 있다.

## 요 약

국산 콩으로 제조한 두유의 품질특성과 무기성분, oxalate 및 phytate 함량을 분석한 결과는 다음과 같다. 두유의 수율 및 고형분 함량은 각각 8.43(보광콩)~9.15 mL/g(봉의콩과 한남콩) 및 4.37°Brix(안평콩)~7.17°Brix(봉의콩) 범위로 나타났으며, pH와 총산도는 각각 6.43~6.86 및 1.48~1.65% 범위를 나타내었다. 점도는 15.73(다원콩)~20.80 cP(한남콩) 범위를 나타내었다. 색도는 검은색 외피를 갖고 있는 청자콩, 다원콩, 선홍콩 및 검정콩4호로 만든 두유의 L값이 작았고 a값은 크게 나타났다. Calcium 함량은 0.714(금강콩)~1.589 mg/g(선홍콩) 범위였으며, oxalate 함량은 0.24(안평콩)~2.14 mg/g(한남콩), phytate 함량은 0.63(호장콩)~2.18 mg/g(안평콩) 범위였다. Calcium/oxalate 함량 분포에서 oxalate 함량이 calcium보다 넓은 분포를 나타내었으며, phytate/oxalate 간에는 phytate가 넓은 분포를 나타내었다. 콩에서 두유로의 oxalate 전이율은 13.6(안평콩)~77.6%(진품콩2호) 범위였으며, phytate는 13.9~87.5%로 동북태가 가장 높았고 호장콩이 가장 낮았다. 이상의 결과를 종합해보면 국산 장려 콩을 이용하여 두유를 제조할 경우 phytate의 전이율이 높고 oxalate의 전이율이 낮은 봉의, 안평콩 및 보광

콩이 좋을 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

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

## 문 헌

1. Kim SR, Park YK, Seong HM, Oh SH. 2002. Whole soybean milk produced by enzymatic solubilization of soymilk residue and its nutritional properties. *Korea Soybean Digest* 19: 8-18.
2. Lee EK, Hwang IK. 1994. Study on the physicochemical, nutritional and sensory characteristics of the calcium-fortified soy-milk (tofu-milk). *Korea Soybean Digest* 11: 23-31.
3. Kim CH, Park JS, Shon HS, Chung CW. 2002. Determination of isoflavone, total saponin, dietary fiber, soy oligosaccharides and lecithins from commercial soy products based on the one serving size-some bioactive compounds from commercialized soy products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 96-102.
4. Shon DH. 1997. Nutritional and bioactive components of soymilk and cow's milk (a review). *Korea Soybean Digest* 14: 66-76.
5. 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.
6. Palgi N, Vatnick I, Pinshow B. 2005. Oxalate, calcium and ash intake and excretion balances in fat sand rats (*Psamomys obesus*) feeding on two different diets. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 141: 48-53.
7. 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.
8. Strong FM. 1974. Toxicants occurring naturally in foods. *Nutr Rev* 32: 225-231.
9. Anderson RL, Wolf WJ. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytate, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J Nutr* 125: 581-588.
10. 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.
11. Ross AB, Savage GP, Martin RJ, Vanhanen LS. 1999. Oxalates in oca (New Zealand yam) (*Oxalis tuberosa* Mol.). *J Agric Food Chem* 47: 5019-5022.
12. 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 for Human Nutr* 47: 361-367.
13. 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.
14. 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.
15. Han MR, Kim AJ, Chung KS. 2006. Development of optimum processing conditions for soybean curd. *Food Eng Prog* 10: 66-72.

16. Ha SD, Kim SS, Park CS, Kim BM. 1991. Effect of blanching and germination of soybean on the quality of soymilk. *Korean J Food Sci Technol* 23: 485-489.
17. Kim JS, Choi SY. 2008. Quality characteristics of soybean curd with omija extract. *Korean J Food & Nutr* 21: 43-50.
18. Choi YO, Chung HS, Youn KS. 2000. Effects of coagulants on the manufacturing of soybean curd containing natural materials. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 249-255.
19. Kim ES, Jo JS. 1990. Studies on stability of soymilk suspension. *Korean J Food Sci Nutr* 22: 312-318.
20. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 8-35.
21. 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.
22. Kim JS, Pyun YR. 1995. Extraction of soybean milk using ohmic heating. *Korean Soybean Digest* 12: 33-38.
23. Chang IL, 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.
24. Liu K. 1997. *Soybean: Chemistry, Technology and Utilization*. Chapman & Hall, NY, USA. p 137-138.
25. Kim YS, Kim CJ. 1999. Effects of extraction methods and heating times on physicochemical properties of soymilk. *Korea Soybean Digest* 16: 40-55.
26. Wang HL, Swain EW, Kwolek WF. 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal Chem* 60: 245-248.
27. Chang CI, Lee JK, Kim WJ. 1990. Comparison of soybean varieties for physical properties of tofu. *J Korean Agric Chem Soc* 33: 203-208.
28. 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: 79-86.
29. 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.

(2010년 5월 6일 접수; 2010년 6월 25일 채택)