

국산 콩 장려품종의 Minerals, Oxalate 및 Phytate 함량

김기찬¹ · 황인국¹ · 윤건목² · 송항림³ · 김홍식³ · 장금일¹ · 정현상^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²충청북도보건환경연구원

³충북대학교 식물자원학과

Minerals, Oxalate and Phytate Contents of Recommended Soybean Cultivars in Korea

Ki Chan Kim¹, In-Guk Hwang¹, Gun Mook Yoon², Hang Lin Song³,
Hong Sig Kim³, Keum Il Jang¹, and Heon Sang Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²Institute of Health & Environment Research, Chungbuk 361-290, Korea

³Dept. of Crop Science, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study was conducted to select the soybean cultivar to minimize the formation of calcium oxalate, and investigate the ingredients for total oxalate (Ox), phytate (InsP₆) and minerals such as calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), zinc (Zn), and potassium (K) in 113 recommended soybean cultivars in Korea. Ca content ranged from 0.586 mg/g in *Saealkong* to 3.177 mg/g in *Daolkong*, and Mg content ranged from 0.559 mg/g in *Taekwankong* to 3.085 mg/g of dry seed in *Seonheukkong*. The total oxalate content ranged from 1.24 mg/g in *Seonheukkong* to 3.81 mg/g in *Ilmikong*, and InsP₆ content ranged from 0.43 mg/g in *Mailikong* to 4.72 mg/g of dry seed in *Dagikong*. In the cross-correlation analysis for the contents of Ca, Mg, Ox and InsP₆, *Seonheukkong* and *Danmi2* were selected to minimize the formation of calcium oxalate because the contents of Ca and InsP₆ were much higher than the content of Ox. These cultivars could be useful for producing soy foods beneficial to populations at risk for calcium oxalate kidney stones and for improved mineral bioavailability.

Key words: soybean, recommended cultivars, oxalate, phytate, calcium oxalate

서 론

최근 생활수준의 향상과 더불어 건강과 well-being에 대해 관심이 급증하고, 콩(*Glycine max* L.)에 대한 다양한 기능성 효과가 밝혀지면서 콩을 이용한 식품에 대한 관심이 증가하고 있다. 콩의 대표적인 기능성물질로는 isoflavone, saponin, phytate 등을 들 수 있으며 이러한 기능성물질들은 각종 암, 심혈관계질환, 골다공증 및 고지혈증 등을 예방 및 완화시키는데 효과가 있으며, 쌀, 보리와 더불어 중요한 식량 작물로서 다양한 연구가 진행되고 있다(1,2).

콩 속에 들어있는 oxalate(Ox)는 식물계에 널리 분포하고 있는데, Na⁺, K⁺과 NH₄⁺ 등의 수용성 이온들과 결합되어 있는 soluble Ox와 Ca²⁺, Mg²⁺과 Fe²⁺ 등의 무기질과 결합되어 있는 insoluble Ox 형태로 존재하며, soluble Ox와 insoluble Ox을 합하여 total Ox의 함량으로 나타낸다(3). 그리고 콩에 존재하는 Ca이온과 물질대사 과정 중에 생성된 Ox 이온사

이에서 생성된 옥살산칼슘(CaOx)은 Ca과 같은 무기질의 흡수를 방해할 뿐 아니라 옥살산칼슘이 결정화되면서 신장 결석을 유도시킬 수 있기 때문에 인체에 유해한 물질로 알려져 있다(4,5). 하루에 450 mg의 Ox를 섭취할 경우 인체의 대사를 저해시킬 수 있으며(6), 특히 견과류, 과일, 곡물, 초콜릿 및 차 등에 많이 함유되어 있다(7). 콩에는 82~214 mg/100 g과 두부에는 3~280 mg/100 g으로 분포되어 있으며, 두부로 가공하였을 때 대부분의 Ox는 Ca 및 Mg 이온과 결합하여 insoluble oxalate 형태를 형성한다고 보고하였다(8,9).

Phytate(InsP₆)는 myo-inositol hexakisphosphate로서 곡류 및 종실에 Ca 및 Mg과 결합한 형태로 함유되어 있는데(10), 콩에서는 단백질의 양이온기와 결합하고 있으며, 등전점 이하에서는 불용성을 나타낸다(11). 따라서 Ca, Mg, Zn, Fe, Cu 및 Mn 등의 2가 혹은 3가 금속이온들과 쉽게 결합하여 무기물의 체내 흡수를 저해하고(12), 단백질과 작용하여 불용성 화합물을 형성하여 단백질의 이용성을 감소시킨다

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

고 보고되었다(13).

최근 phytate의 유용성에 대한 연구가 보고되고 있는데, $InsP_6$ 는 금속 이온들의 산화적인 반응에 의해서 일어나는 암이나 심혈관계 질환 등을 유발시키는 금속 이온들과 강한 chelate를 형성하여 항산화 활성을 나타내며(14,15), $InsP_6$ 는 Ca와 Ox 또는 인산에 의해 생성되는 옥살산칼슘 및 인산칼슘의 결정 생성을 저해하는 작용을 한다고 보고되었다(16).

콩 및 콩 가공식품들은 옥살산칼슘 결정 생성 촉진에 관계되는 Ox 및 Ca을 다량 함유하고 있어 잠재적인 위험을 지니고 있지만, 옥살산칼슘 결정 생성을 억제시킬 수 있는 물질로 $InsP_6$ 성분도 상대적으로 많이 함유되어 있어 섭취 시 일반적으로 안전하다고 보고되고 있으나 소비자의 체질에 따라 옥살산칼슘 결정의 생성과 같은 잠재적 위험의 발생 가능성은 여전히 존재한다고 볼 수 있다. 이에 따라 콩 품종에 따른 옥살산칼슘 생성에 대한 연구가 국내외에서 다양하게 진행되고 있다.

미국에서 판매 및 소비되는 콩 가공식품이 함유하고 있는 Ox 및 $InsP_6$ 에 대한 분포 및 패턴분석(17), 콩의 Ca, Ox 및 $InsP_6$ 의 지역 및 재배년도 등의 변이 간 상관관계(18), 콩 재배되는 토양 조건에 따른 $InsP_6$ 함량 변화와 두부 물성에 미치는 영향(19) 등이 보고되고 있고, 국내에서는 장려품종과 육성품종간의 성분비교 및 lutein 함량 특성연구(20) 및 21종 장려품종의 무기질, Ox 및 $InsP_6$ 함량 분석 및 두유를

제조 시의 각 성분의 함량 변이를 살펴본 연구(21) 등이 보고되었으나, 국내에서 재배되는 장려품종 콩에 대한 전반적인 Ca, Ox 및 $InsP_6$ 함량 분포에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 재배되는 113종의 콩 장려품종에 대한 무기성분, Ox 및 $InsP_6$ 함량을 분석하여 옥살산칼슘의 결정생성을 최소화하기 위한 콩 품종을 선별하고 콩 가공품 섭취 시 옥살산칼슘에 대한 안전성을 향상시키기 위한 기초 자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 113종의 장려품종(recommended cultivars)은 충북대학교 식물자원학과에서 제공받았으며(Table 1), 분쇄기(Micro hammer cutter mill type-3, Culatti AG, Zurich, Swiss)를 이용하여 분쇄하고 100 mesh 체를 통과시켜 얻은 분말을 $-20^{\circ}C$ 에 보관하여 시료로 사용하였다. 그리고 시료 분석을 위한 hydrochloric acid와 sulfuric acid solution, nitric acid, sulfosalicylic acid, ferric chloride는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

무기성분 함량 분석

무기질 성분은 AOAC 방법(22)에 따라 건식법으로 전처

Table 1. The 113 seeds of Korean recommended soybean cultivars (*Glycine max* L.) used in this study

No.	Cultivars	No.	Cultivars	No.	Cultivars	No.	Cultivars
1	Jangbaekmok	30	Namhaekong	58	Ilpumgeomjeongkong	86	Dagikong
2	Buseok	31	Danwonkong	59	Jangmikong	87	Hojangkong
3	Chungbukback	32	Jangsukkong	60	Dawonkong	88	Seonamkong
4	Iksan	33	Manlikong	61	Ilmikong	89	Singikong
5	Haman	34	Samnamkong	62	Paldonamulkong	90	Mansukong
6	Keumkangdaelip	35	Sinpaldalkong	63	Saeolkong	91	Geomjeongsaeol
7	Kwangdu	36	Taekwankong	64	Seonheukkong	92	Daolkong
8	Hill	37	Bukwangkong	65	Sodamkong	93	Dajinputkong
9	Shellby	38	Sinpaldalkong2	66	Somyeongkong	94	Danmi2
10	Kwangkyo	39	Danbaekong	67	Songhagkong	95	Cheongja2
11	Bonguei	40	Duyoukong	68	Daehwangkong	96	Socheongkong
12	Kanglim	41	Geomjeonkong1	69	Doremikong	97	Daemang2
13	Dongpuktae	42	Kwangankong	70	Heugcheongkong	98	Danmiputkong
14	Baegcheonkong	43	Pureunkong	71	Jinyulkong	99	Heugmi
15	Danyeobkong	44	Soyangkong	72	Sowonkong	100	mirankong
16	Jangyeobkong	45	Hannamkong	73	Cheongjakong	101	Daemang
17	Hwangkeumkong	46	Jinpumkong	74	Jangwonkong	102	Ilpumgeomjeongkong2
18	Jangbaekong	47	Iksannammulkong	75	Saebyeolkong	103	Sunyakong
19	Namchenkong	48	Keumkankong	76	Seonnogkong	104	Cheongdul
20	Milyangkong	49	Myeongjunamulkong	77	Shinrokgong	105	Cheongja3
21	Baegunkong	50	Pungsannamulkong	78	Sohokong	106	Nogwonkong
22	Bangsakong	51	Sobaegnamulkong	79	Geomjeonkong3	107	Sokangkong
23	Saealkong	52	Alchankong	80	Geomjeonkong4	108	Sojinkong
24	Paldalkong	53	Dajankong	81	Jinmikong	109	Pungwonkong
25	Dankyeongkong	54	Geomjeongkong2	82	Sorogkong	110	Janggikong
26	Eunhakong	55	Geomjeongolkong	83	Anpyeongkong	111	Wonhwangkong
27	Bokwangkong	56	Jinpumkong2	84	Dachaekong	112	Bosugkong
28	Jangkyeongkong	57	Daewonkong	85	Daepungkong	113	Nogchaekong
29	Muhankong						

리하여 분석하였다. 시료 2 g을 550°C에서 회화시킨 후 10 mL의 0.5 N HNO₃ 10 mL을 넣고 균질화 시킨 다음 GF/C (90 mm, Cat No. 1822 090, Whatman International Ltd., Maidstone, England) 여과지로 여과하고 0.5 N HNO₃로 25 mL로 정용한 다음 inductively coupled plasma spectrometer(ICP, Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA)로 Ca, Mg, Na, Zn, Fe 및 K를 분석하였으며 각각의 품종에 대한 무기성분의 함량 분석은 3회 반복 실험하였다.

Oxalate 함량 분석

Ox 함량은 Savage 등(3)의 실험 방법을 이용하여 분석하였다. 각각의 시료 1 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 mL을 사용하여 균질기에 남아 있는 시료를 깨끗이 씻어 준 다음 여액을 합하여 80°C에서 shaking water bath(JS Research Inc., Gongju, Korea)를 이용하여 100 rpm에서 15분간 교반하였다. 교반된 시료를 냉각시켜 whatman filter paper(8 µm, No. 2, Whatman International Ltd.)로 여과한 후 100 mL 메스플라스틱에 옮기고, 2 N HCl을 사용하여 100 mL로 정용하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료는 0.45 µm membrane filter(Sartorius AG, Göttingen, Germany)로 여과하고 증류수로 10배 희석한 후 high-performance liquid chromatography(HPLC, Thermo Separation Products, Waltham, MA, USA)를 이용하여 Ox 함량을 분석하였다. 칼럼은 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 detector(Spectra System UV1000, Thermo Separation Products)로 215 nm에서 검출하였으며, 검출 결과는 MultiChro™ version 5.0(Yullin Technology, Seoul, Korea)을 이용하여 분석하였고, 표준물질로 oxalic acid dihydrate(Sigma-Aldrich)를 사용하였다. 각각의 품종에 따른 Ox의 함량 분석은 모두 3회 반복 실험하였다.

Phytate 함량 분석

InsP₆ 함량은 Haung과 Lantzsch(23)의 실험방법을 약간 변형하여 분석하였다. 시료 2 g에 2%(v/v) HCl-10%(w/v) Na₂SO₄용액 50 mL을 넣고, 상온에서 교반기(Vision Scientific Co., Bucheon, Korea)로 200 rpm에서 3시간 추출 후, whatman filter paper(20~25 µm, No. 4, Whatman)로 여과하였다. 여과액 10 mL을 falcon tube에 옮겨 담은 후 FeCl₃ 용액(FeCl₃·6H₂O 2 g을 conc. HCl 16.3 mL에 용해 후 증류수로 최종 1 L로 정용) 12 mL을 첨가하고, 끓는 물에서 75분간 가열하였다. 그리고 상온에서 1시간 동안 냉각시킨 다음 3,500 rpm에서 15분간 원심분리 하여 얻은 상층액을

whatman filter paper(11 µm, No. 1, Whatman)로 여과한 후 증류수로 50 mL로 정용하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료 4 mL에 wade reagent[0.03%(w/v) FeCl₃·6H₂O와 0.3%(w/v) sulfosalicylic acid를 증류수 100 mL로 용해] 1 mL 첨가하여 5초 동안 교반시키고 상온에서 10분간 반응시킨 용액을 spectrophotometer(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 500 nm에서 흡광도를 측정하여 InsP₆을 분석하였으며, InsP₆의 표준물질로는 sodium phytate(Sigma Chemical Co., St. Louis, USA)를 사용하였다. 각각의 품종에 따른 InsP₆의 함량 분석은 모두 3회 반복 실험하였다.

통계분석

실험결과에 대한 통계 분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver 12.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 각 성분 함량의 평균과 표준편차를 산출하고 Ca, Mg, InsP₆ 및 Ox 함량 간에 대한 5% 유의수준에서 pearson correlation coefficient를 구하였다.

결과 및 고찰

장려품종의 무기성분의 함량 분포

국산 장려콩 품종 113종에 대한 무기성분 함량을 비교한 결과 Ca 함량은 0.586~3.177 mg/g의 범위로 분포하였고, 1.360±0.480 mg/g의 평균 함량을 나타내었다(Table 2). 대부분의 품종은 2.000 mg/g 이하의 범위에 존재하였으며, 7종[부석콩(No.2), 진품콩2(No.56), 선흑콩(No.64), 장원콩(No.74), 소호콩(No.78), 안평콩(No.83) 및 녹원콩(No.106)]은 2.000~2.999 mg/g의 함량범위를 나타내었고, 다울콩(No.92)은 3.177 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다.

Mg 함량은 0.559~3.085 mg/g의 범위를 나타내었으며, 평균 함량은 1.321±0.434 mg/g이었다. 전체 장려콩품종에서 Mg 함량분포는 Ca 함량분포와 유사하게 대부분 품종들이 2.000 mg/g 이하의 범위에서 존재하였는데, 5종[부석콩(No.2), 다울콩(No.92), 단미2(No.94), 소청콩(No.96) 및 녹원콩(No.106)]은 2.000~2.999 mg/g의 함량범위를 나타내었고, 선흑콩(No.64)은 3.085 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. 그리고 국내 장려콩 품종에서의 Na, Zn 및 Fe은 함량은 0.013~0.200 mg/g의 미량 범위에서 분포한 반면, K 함량 분포는 2.969~16.744 mg/g으로 넓은 함량 분포 범위를 나타내었고, 7.11±2.36 mg/g의 평균 함량으로 다른 무기성분에 비해 높은 함량을 나타내었다. 이와 같은 결과는 콩 품종별 감식초 절입 중 성분의 변화에서 콩품종의 Ca과 Mg 함량이 각각 1.69~2.04 mg/g과 1.89~2.39 mg/g의 함량을 나타낸 Bang 등(24)의 연구와 유사하였으나, 미국 콩의 Ca, oxalate 및 phytate의 지역 및 재배년도 등의 변이 간 상관관계에 대한 연구에서 Ca과 Mg 함량을 각각 0.12~12.6 mg/g과 13.9~21.5 mg/g으로 보고한 Horner 등(18)의 결과보다는 낮은 함량 분포를 나타내었다. Yang 등(25)의 국내산 및 제

Table 2. Mineral contents of recommend soybean cultivars in Korea (mg/g of dry seeds)

Cultivar No.	Contents					
	Ca	Mg	Na	Zn	Fe	K
1	1.717±0.050	1.549±0.010	0.046±0.001	0.045±0.003	0.027±0.001	10.505±0.500
2	2.161±0.011	2.159±0.108	0.080±0.003	0.095±0.002	0.097±0.004	8.397±0.271
3	1.366±0.044	1.300±0.051	0.052±0.002	0.043±0.003	0.022±0.001	7.570±0.353
4	1.805±0.066	1.490±0.068	0.042±0.001	0.046±0.004	0.033±0.002	9.307±0.465
5	1.138±0.031	1.338±0.037	0.062±0.001	0.042±0.002	0.027±0.001	8.253±0.187
6	1.487±0.060	1.390±0.080	0.054±0.003	0.043±0.003	0.024±0.002	8.154±0.459
7	0.726±0.047	1.018±0.019	0.040±0.001	0.032±0.001	0.020±0.001	6.652±0.334
8	1.458±0.020	1.901±0.047	0.065±0.002	0.057±0.001	0.040±0.002	10.321±0.295
9	1.924±0.087	1.669±0.040	0.082±0.002	0.064±0.005	0.037±0.003	10.179±0.176
10	0.817±0.053	1.045±0.075	0.038±0.001	0.033±0.001	0.020±0.001	6.120±0.208
11	1.552±0.019	1.449±0.053	0.040±0.002	0.043±0.002	0.024±0.001	7.891±0.079
12	1.154±0.047	1.173±0.048	0.053±0.001	0.041±0.003	0.022±0.001	6.635±0.107
13	0.986±0.075	1.175±0.027	0.064±0.003	0.047±0.000	0.023±0.001	6.548±0.300
14	1.884±0.022	1.601±0.064	0.075±0.002	0.056±0.004	0.034±0.002	8.382±0.164
15	1.368±0.069	1.097±0.015	0.045±0.002	0.036±0.001	0.025±0.001	6.319±0.217
16	0.860±0.037	0.882±0.021	0.046±0.001	0.032±0.001	0.020±0.001	6.040±0.376
17	1.635±0.015	1.004±0.055	0.043±0.001	0.037±0.002	0.027±0.002	6.031±0.149
18	1.865±0.053	1.543±0.047	0.044±0.003	0.041±0.001	0.033±0.002	6.026±0.234
19	1.262±0.071	1.210±0.089	0.052±0.002	0.040±0.001	0.025±0.001	6.766±0.285
20	1.166±0.014	1.303±0.070	0.059±0.003	0.036±0.003	0.020±0.001	7.073±0.192
21	1.263±0.059	1.076±0.014	0.047±0.001	0.042±0.003	0.018±0.001	6.184±0.240
22	1.723±0.034	1.457±0.037	0.051±0.002	0.054±0.005	0.031±0.001	7.290±0.314
23	0.586±0.023	0.792±0.018	0.034±0.002	0.033±0.001	0.022±0.001	5.125±0.225
24	1.019±0.042	0.834±0.064	0.041±0.001	0.032±0.002	0.016±0.002	5.237±0.119
25	0.699±0.038	0.675±0.036	0.031±0.002	0.028±0.001	0.014±0.001	4.642±0.097
26	1.900±0.073	1.898±0.097	0.061±0.003	0.064±0.002	0.039±0.002	10.079±0.127
27	1.460±0.017	1.269±0.024	0.043±0.001	0.046±0.003	0.026±0.001	7.065±0.188
28	1.462±0.041	1.279±0.065	0.035±0.002	0.032±0.001	0.021±0.001	6.587±0.180
29	1.918±0.090	1.713±0.039	0.200±0.015	0.059±0.001	0.044±0.002	9.635±0.074
30	1.575±0.014	1.854±0.088	0.135±0.002	0.070±0.003	0.044±0.001	10.322±0.246
31	1.468±0.051	1.362±0.057	0.039±0.001	0.046±0.001	0.029±0.002	7.958±0.129
32	0.786±0.022	0.810±0.016	0.024±0.002	0.028±0.001	0.018±0.001	4.051±0.171
33	0.675±0.039	0.717±0.035	0.023±0.001	0.027±0.000	0.017±0.001	3.862±0.062
34	1.177±0.017	1.473±0.044	0.041±0.002	0.051±0.002	0.034±0.002	7.806±0.084
35	0.711±0.035	0.957±0.025	0.044±0.001	0.031±0.001	0.021±0.001	4.285±0.025
36	0.659±0.032	0.559±0.012	0.019±0.001	0.019±0.001	0.013±0.003	3.142±0.073
37	0.921±0.041	0.938±0.050	0.034±0.003	0.036±0.003	0.022±0.001	4.928±0.222
38	0.611±0.032	0.763±0.041	0.033±0.002	0.034±0.001	0.018±0.001	4.125±0.257
39	0.848±0.024	0.859±0.032	0.036±0.002	0.034±0.003	0.019±0.001	4.566±0.090
40	0.775±0.027	1.007±0.039	0.024±0.003	0.034±0.001	0.024±0.001	4.896±0.205
41	0.947±0.059	0.860±0.046	0.031±0.001	0.037±0.002	0.021±0.002	4.971±0.037
42	1.753±0.010	1.625±0.084	0.054±0.002	0.062±0.006	0.040±0.002	8.785±0.146
43	1.607±0.034	1.521±0.050	0.035±0.001	0.048±0.001	0.031±0.001	7.452±0.058
44	1.347±0.045	1.158±0.032	0.038±0.001	0.049±0.002	0.032±0.002	5.909±0.237
45	1.397±0.036	1.338±0.011	0.046±0.004	0.053±0.002	0.032±0.001	7.346±0.116
46	1.024±0.017	0.945±0.042	0.014±0.003	0.028±0.002	0.020±0.001	3.703±0.253
47	1.532±0.025	1.333±0.066	0.051±0.002	0.046±0.001	0.025±0.002	5.601±0.150
48	1.063±0.024	0.794±0.039	0.031±0.001	0.034±0.001	0.018±0.001	4.346±0.044
49	1.654±0.035	1.387±0.017	0.036±0.002	0.055±0.003	0.038±0.002	6.438±0.197
50	1.754±0.046	1.565±0.046	0.050±0.002	0.066±0.003	0.042±0.003	8.254±0.069
51	1.920±0.065	1.563±0.058	0.042±0.002	0.057±0.003	0.040±0.001	7.875±0.101
52	1.188±0.017	1.283±0.024	0.046±0.001	0.052±0.001	0.029±0.001	6.767±0.071
53	1.620±0.014	1.710±0.077	0.028±0.001	0.055±0.002	0.040±0.001	7.033±0.175
54	0.933±0.019	1.359±0.048	0.054±0.002	0.061±0.005	0.034±0.002	7.380±0.286
55	1.627±0.057	1.485±0.023	0.045±0.001	0.055±0.002	0.031±0.001	6.638±0.087
56	2.072±0.091	1.822±0.097	0.051±0.003	0.072±0.003	0.039±0.002	8.108±0.266
57	1.490±0.045	1.510±0.054	0.041±0.001	0.066±0.005	0.043±0.001	7.248±0.217
58	1.439±0.019	1.298±0.014	0.039±0.001	0.038±0.002	0.022±0.001	8.802±0.154
59	1.120±0.064	1.078±0.012	0.042±0.003	0.035±0.001	0.018±0.014	6.206±0.325
60	1.692±0.049	1.397±0.056	0.040±0.001	0.043±0.002	0.031±0.002	8.722±0.285
61	0.996±0.021	1.170±0.079	0.054±0.002	0.037±0.001	0.024±0.001	7.221±0.309

Table 2. Continued

Cultivar No.	Contents					
	Ca	Mg	Na	Zn	Fe	K
62	1.543±0.082	1.443±0.061	0.056±0.002	0.045±0.001	0.025±0.001	8.462±0.047
63	0.767±0.030	1.075±0.012	0.042±0.001	0.033±0.001	0.021±0.002	7.025±0.198
64	2.366±0.114	3.085±0.238	0.106±0.005	0.092±0.003	0.065±0.005	16.744±0.568
65	1.640±0.097	1.422±0.080	0.070±0.003	0.055±0.002	0.032±0.002	8.677±0.345
66	0.956±0.016	1.223±0.015	0.044±0.002	0.038±0.002	0.024±0.001	7.161±0.110
67	1.684±0.055	1.572±0.056	0.044±0.003	0.046±0.004	0.026±0.002	8.561±0.092
68	1.565±0.042	1.589±0.034	0.072±0.001	0.056±0.001	0.030±0.002	8.992±0.211
69	1.225±0.037	1.459±0.015	0.080±0.003	0.058±0.002	0.029±0.002	8.133±0.073
70	1.852±0.096	1.574±0.042	0.074±0.002	0.055±0.001	0.033±0.002	8.240±0.037
71	1.613±0.071	1.293±0.010	0.053±0.001	0.042±0.002	0.030±0.001	7.451±0.175
72	1.278±0.054	1.312±0.062	0.068±0.003	0.047±0.002	0.029±0.002	8.975±0.246
73	1.815±0.062	1.114±0.028	0.048±0.002	0.041±0.003	0.030±0.002	6.694±0.131
74	2.057±0.137	1.702±0.046	0.048±0.001	0.045±0.004	0.037±0.004	6.645±0.152
75	1.380±0.042	1.324±0.024	0.057±0.001	0.044±0.001	0.027±0.001	7.399±0.272
76	1.407±0.024	1.573±0.085	0.071±0.002	0.043±0.001	0.024±0.001	8.536±0.336
77	1.517±0.057	1.292±0.036	0.057±0.001	0.051±0.002	0.022±0.002	7.423±0.098
78	2.087±0.044	1.765±0.047	0.062±0.002	0.065±0.002	0.038±0.001	8.830±0.187
79	0.968±0.030	1.308±0.078	0.055±0.002	0.055±0.001	0.037±0.001	8.464±0.265
80	1.585±0.047	1.298±0.029	0.065±0.003	0.050±0.002	0.025±0.002	8.141±0.222
81	1.284±0.076	1.239±0.040	0.058±0.001	0.051±0.002	0.026±0.002	8.522±0.180
82	1.687±0.063	1.685±0.015	0.054±0.002	0.057±0.001	0.034±0.001	8.949±0.263
83	2.026±0.124	1.762±0.024	0.060±0.002	0.064±0.003	0.036±0.001	9.805±0.367
84	1.902±0.087	1.664±0.019	0.046±0.002	0.042±0.002	0.027±0.002	8.566±0.030
85	1.411±0.012	1.260±0.067	0.147±0.007	0.044±0.002	0.032±0.003	7.090±0.154
86	1.260±0.060	1.681±0.078	0.123±0.004	0.063±0.001	0.040±0.001	9.359±0.295
87	1.339±0.097	1.242±0.019	0.036±0.002	0.042±0.001	0.027±0.001	7.257±0.276
88	1.263±0.041	1.302±0.093	0.038±0.005	0.045±0.002	0.029±0.007	6.512±0.168
89	0.904±0.016	0.961±0.044	0.030±0.001	0.036±0.001	0.023±0.001	5.173±0.147
90	0.736±0.039	0.923±0.065	0.026±0.001	0.032±0.001	0.021±0.001	4.890±0.079
91	0.758±0.047	1.021±0.019	0.047±0.002	0.033±0.001	0.023±0.003	4.568±0.111
92	3.177±0.200	2.694±0.058	0.093±0.003	0.093±0.003	0.061±0.002	15.142±0.447
93	0.804±0.012	0.819±0.030	0.030±0.001	0.031±0.001	0.019±0.001	4.302±0.018
94	1.817±0.043	2.270±0.162	0.099±0.006	0.101±0.004	0.055±0.002	12.269±0.266
95	0.894±0.042	0.906±0.020	0.037±0.001	0.036±0.001	0.020±0.001	4.816±0.010
96	1.649±0.060	2.142±0.171	0.051±0.002	0.072±0.002	0.052±0.002	10.416±0.397
97	0.850±0.054	0.772±0.035	0.028±0.001	0.033±0.001	0.019±0.001	4.461±0.035
98	1.034±0.075	0.959±0.012	0.032±0.002	0.036±0.003	0.024±0.002	5.184±0.116
99	0.746±0.059	0.706±0.058	0.016±0.001	0.022±0.001	0.015±0.001	3.460±0.074
100	0.952±0.037	0.819±0.023	0.027±0.001	0.034±0.001	0.023±0.001	4.178±0.030
101	0.899±0.055	0.861±0.069	0.030±0.004	0.034±0.002	0.021±0.004	4.729±0.109
102	1.230±0.086	1.134±0.054	0.017±0.001	0.033±0.001	0.024±0.003	4.446±0.013
103	1.038±0.017	0.903±0.012	0.034±0.005	0.031±0.002	0.017±0.001	3.795±0.088
104	0.863±0.068	0.644±0.072	0.025±0.001	0.028±0.002	0.014±0.001	3.529±0.015
105	0.763±0.032	0.639±0.036	0.017±0.002	0.026±0.001	0.017±0.001	2.969±0.096
106	2.974±0.125	2.654±0.168	0.085±0.004	0.111±0.006	0.071±0.001	13.995±0.547
107	1.920±0.066	1.563±0.077	0.042±0.001	0.057±0.002	0.040±0.001	7.875±0.319
108	1.322±0.073	1.428±0.034	0.051±0.002	0.058±0.003	0.032±0.002	7.533±0.032
109	1.589±0.114	1.682±0.095	0.027±0.000	0.054±0.002	0.040±0.003	6.903±0.174
110	0.982±0.048	1.430±0.026	0.056±0.003	0.064±0.001	0.036±0.001	7.767±0.267
111	1.841±0.165	1.680±0.135	0.051±0.002	0.062±0.002	0.035±0.002	7.511±0.305
112	1.011±0.029	0.889±0.054	0.025±0.001	0.035±0.001	0.019±0.001	3.956±0.043
113	0.750±0.037	0.761±0.010	0.021±0.001	0.033±0.001	0.022±0.002	3.652±0.150
Range	0.586~3.177	0.559~3.085	0.014~0.200	0.022~0.111	0.013~0.097	2.969~16.744
Mean	1.360±0.480	1.321±0.434	0.050±0.027	0.047±0.016	0.029±0.012	7.114±2.360

초제 내성 콩의 Ca과 Mg의 함량 분포는 각각 3.06~3.35와 2.37~2.87 mg/g으로 본 연구 결과와 유사하였으며, Lee 등 (26)의 큰느타리버섯 균사체를 증식시킨 콩을 첨가 제조한 두부의 품질특성에 관한 연구에서 원료콩의 무기성분 중 Ca

과 Mg의 함량은 각각 8.96과 1.33 mg/g으로 Ca 함량은 본 연구 결과의 Ca 함량보다 많은 함량을 보였다. 그리고 Na, Zn 및 Fe의 함량은 각각 0.38, 0.05 및 0.04 mg/g으로 Na 함량은 본 연구 결과보다 상대적으로 많은 함량을 보였고

phytate 함량은 각각 2.4%와 16.73~19.19 mg/g으로 나타났으며 본 연구 결과보다 높았으며(29,30), phytate 함량이 7.7~22.2 mg/g으로 보고한 Horner 등(18)의 결과와 whole cereal 및 legume seeds에서 iron, zinc 및 phytate 함량에 soaking이 미치는 영향에 관한 연구에서 InsP₆ 함량이 8.78 mg/g으로 보고한 Lestienne 등(31)의 결과에서는 본 연구 결과보다 높은 함량 범위를 나타내었다. 이와 같은 결과를 통해 국내산 콩품종이 수입산 콩품종보다 함량이 전체적으로 적게 존재하기 때문에 콩이 섭취 및 콩 가공식품에서 옥살산칼슘의 형성 저해 효과가 적을 것으로 생각된다.

따라서 옥살산칼슘 결정 형성에 영향을 나타내는 Ca, Mg, Ox 및 InsP₆의 함량 분포를 상호 비교하여 Ca의 함량이 Ox의 함량보다 적게 존재하고, InsP₆의 함량이 Ox의 함량보다 많이 존재하는 콩품종을 선발하여 콩 가공식품에 적용함으로써 섭취 시 옥살산칼슘 결정의 형성을 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

장려품종의 무기성분, oxalate 및 phytate 함량 분포의 상호 비교

장려품종 113종의 무기성분, Ox 및 InsP₆ 함량 분포를 각각 비교하여 나타내었다(Fig. 1). 먼저, 옥살산칼슘을 형성하는 Ca과 Ox의 함량 분포를 비교한 결과 대부분의 품종에서 Ca의 함량보다 Ox의 함량이 높은 범위를 형성하였고(Fig.

1a), Ca 함량과 InsP₆의 함량 분포를 보면 Ca 함량이 좁은 분포 범위를 나타내는 반면, InsP₆의 함량이 상대적으로 넓은 함량 범위에서 높은 함량을 나타내었다(Fig. 1b). Mg의 함량에 대한 Ox 및 InsP₆의 함량 분포는 Ca 함량에 대한 Ox 및 InsP₆의 함량 분포와 유사한 결과를 나타내었다(Fig. 1c, 1d). 따라서 Ca 및 Mg의 경우 전체적으로 수입콩품종에 비해 국내콩품종이 낮은 함량을 보이고 또한 좁은 범위에 분포를 형성하기 때문에 옥살산칼슘 결정 형성 요인으로 작용하기는 어려울 것으로 생각되며, 영양성분으로서 높은 함량의 콩품종을 제공하는 것이 콩품종 및 콩가공품을 섭취하는데 있어 좋을 것으로 생각된다. 그리고 Ox의 함량과 InsP₆의 함량 분포를 비교해 보면 Ox의 함량 분포보다 InsP₆의 함량 분포가 넓은 분포를 나타내고 높은 함량을 나타내었다(Fig. 1e).

통계분석 결과 5% 유의수준에서 Ca과 Ox, Ca과 InsP₆, Mg과 Ox, Mg과 InsP₆ 및 Ox과 InsP₆ 함량 분포 사이의 pearson 상관계수는 각각 $r=0.021$, 0.088 , -0.059 , 0.158 및 0.155 로 나타나 각각의 함량 분포 사이에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

결론적으로 국내콩품종이 수입콩품종보다 Ca과 같은 무기질의 함량은 적고 Ox의 함량은 유사하기 때문에 낮은 Ca의 함량의 국내콩품종이 옥살산칼슘 결정의 형성 효과가 낮을 것으로 생각되며, 옥살산칼슘 결정의 저해물질인 InsP₆의

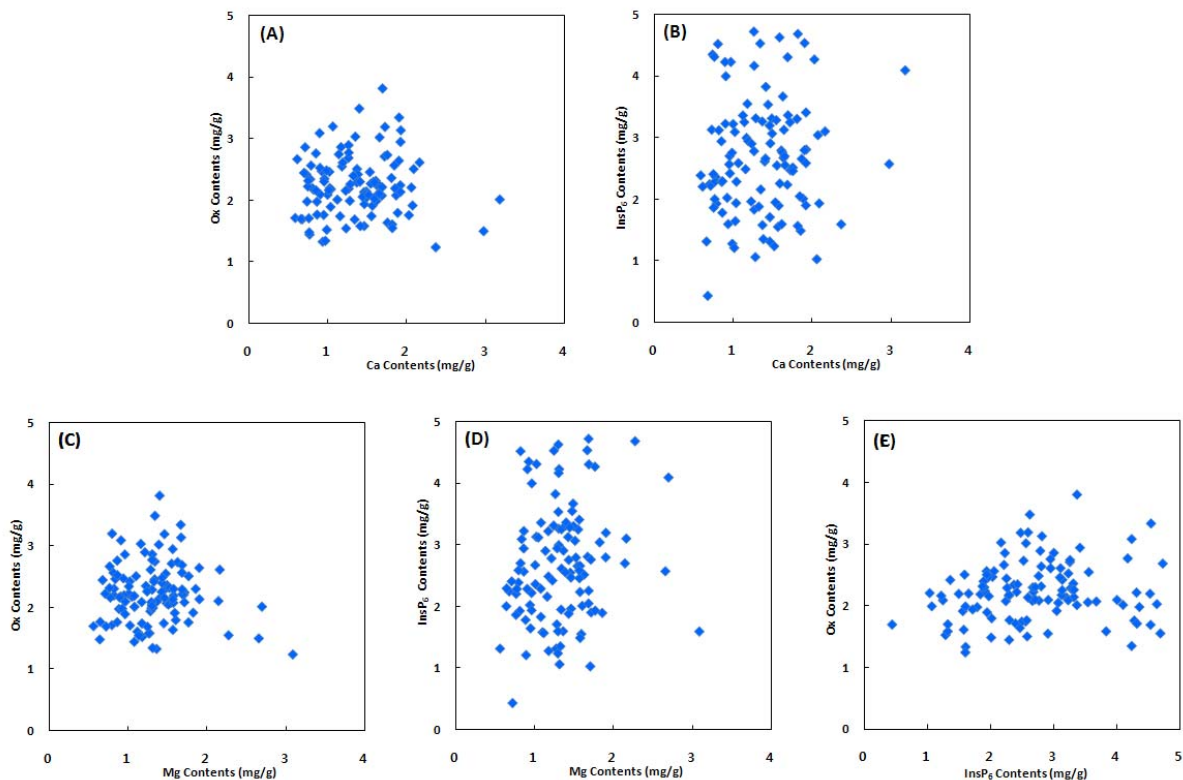


Fig. 1. Correlation between (A) Ca and total Ox, (B) Ca and InsP₆, (C) Mg and total Ox, (D) Mg and InsP₆, and (E) InsP₆ and total Ox in the seeds of 113 Korean recommended soybean cultivars.

함량이 Ox의 함량보다 상대적으로 높은 함량 분포를 보이는 품종이 많기 때문에 Ox의 함량이 InsP₆의 함량보다 높은 콩품종을 제외하고 섭취 시 옥살산칼슘 결정 생성은 억제되어 안전할 것으로 생각된다.

그러나 국내콩품종이 수입콩품종보다 상대적으로 InsP₆의 함량이 적어 옥살산칼슘의 형성 억제효과는 낮을 것으로 생각되며, 상대적으로 옥살산칼슘 결정 형성의 주된 원인 물질인 Ox의 함량은 유사하여 콩품종 및 콩 가공식품의 섭취 시 옥살산칼슘 결정의 형성을 유도할 수 있는 잠재적 위험이 여전히 존재할 것으로 볼 수 있다.

따라서 InsP₆의 함량이 Ox의 함량보다 높은 함량을 나타낼수록 옥살산칼슘의 형성은 억제할 수 있으므로 본 연구에서는 113종의 장려품종 중에서 Ca과 InsP₆의 함량이 많으며 Ox의 함량이 적은 선홍콩과 단미2호가 옥살산칼슘의 잠재적 위험성을 가장 최소화하기 위한 품종으로 판단되었고, 또한 각각의 콩품종에 대한 무기질, Ox 및 InsP₆의 함량을 분석을 통해 콩품종 및 콩 가공식품의 섭취 시 체내에서 형성될 수 있는 옥살산칼슘에 대한 안전성을 향상시키기 위한 자료를 제시하였다.

요 약

본 연구는 국산 113종 콩 장려품종의 total oxalate(Ox), phytate(InsP₆)와 calcium(Ca), magnesium(Mg), sodium(Na), zinc(Zn), potassium(K)을 분석하여 옥살산칼슘 결정 생성을 최소화할 수 있는 품종의 선발 및 안전한 콩 가공식품 제조를 위한 자료를 제시하고자 하였다. 113종의 콩 장려품종에서 Ca과 Mg 함량 분포는 각각 0.586~3.177과 0.559~3.085 mg/g이었으며, Ca는 다올콩은 3.177 mg/g으로 가장 높았고, Mg는 선홍콩은 3.085 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. Ca과 Mg 사이에서 품종간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Ox와 InsP₆ 함량 분포는 각각 1.24(선홍콩)~3.81(다원콩)과 0.43(만리콩)~4.72(다기콩) mg/g 범위이었고, 옥살산칼슘 결정의 저해물질인 InsP₆의 함량이 Ox의 함량보다 상대적으로 높은 함량 분포로 존재하였다. 또한 Ca, Mg, Ox 및 InsP₆ 함량 사이의 교차상관관계분석을 통해 Ca과 InsP₆ 함량이 Ox 함량보다 높은 선홍콩과 단미2가 옥살산칼슘 생성의 잠재적 위험성을 최소화할 수 있는 품종으로 판단되었다.

감사의 글

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

문 헌

1. Kim SN. 2006. Research and industrial trend of the func-

tional components of soybean. *Food Sci Industry* 39: 2-10.
 2. Kim JS. 1996. Current research trends on bioactive function of soybean. *Korean Soybean Digest* 13: 17-24.
 3. 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.
 4. Palgi N, Vatnick I, Pinshow B. 2005. Oxalate, calcium and ash intake and excretion balances in fat sand rats (*Psammomys obesus*) feeding on two different diets. *Comp Biochem Physiol* 141: 48-53.
 5. Horner HT, Wagner BL. 1995. Calcium oxalate formation in higher plants. In *Calcium Oxalate in Biological Systems*. Khan SR, ed. CRC Press, Boca Raton, FL. p 53-72.
 6. 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 Human Nutr* 47: 361-367.
 7. Chai W, Liebman M. 2005. Oxalate contents of legumes, nuts and grain-based flours. *J Food Comp Anal* 18: 723-729.
 8. Massey LK. 2007. Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. *J Am Diet Assoc* 107: 1191-1194.
 9. Zimmerman DJ, Voss S, von Urnruh GE, Hesse A. 2005. Importance of magnesium in absorption and excretion of oxalate. *Urol Int* 74: 262-267.
 10. Cheryan M. 1980. Phytic acid interaction in food systems. 1980. *Crit Rev Food Sci Nutr* 13: 297-335.
 11. 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.
 12. Wilson BJ. 1974. Naturally occurring toxicants of foods. *Nutr Rev* 32: 225-231.
 13. Omosaiye O, Cheryan M. 1979. Low phytate, full-fat soy protein product by ultrafiltration of aqueous extracts whole soybean. *Cereal Chem* 56: 58-62.
 14. Anderson RL, Wolf WJ. 1995. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytate, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J Nutr* 125: 581-588.
 15. Raboy V, Dickinson D, Below F. 1984. Variation in seed total phosphorus, phytic acid, zinc, calcium, magnesium and protein among lines of *Glycine max* and *G. soja*. *Crop Sci* 24: 431-434.
 16. Grases F, Ramis M, Costa-Bauza A. 2000. Effects of phytate and pyrophosphate on brushite and hydroxyapatite crystallization. Comparison with the action of other polyphosphates. *Urol Res* 28: 136-140.
 17. AL-Wahsh I, Horner HT, Palmer RG, Reddy MB, Massey LK. 2005. Oxalate and phytate of soy foods. *J Agric Food Chem* 53: 5670-5674.
 18. Horner HT, Cervantes MT, Healy R, Reddy MB, Betsy L, Deardorff BL, Bailey TB, AL-Wahsh I, Massey LK, Palmer RG. 2005. Oxalate and phytate concentrations in seeds of soybean cultivars [*Glycine max* (L.) Merr.]. *J Agric Food Chem* 53: 7870-7877.
 19. Ishiguro T, Ono T, Wada T, Tsukamoto C, Kono Y. 2006. Changes in soybean phytate content as a result of field growing conditions and influence on tofu texture. *Biosci Biotechnol Biochem* 70: 874-880.
 20. Choi YM, Lim HO, Woo SH, Kim HS, Jong SK, Lee JS. 2007. Lutein contents of soybeans (*Glycine max* L.) cultivated in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 39: 580-583.
 21. Jang KI, Yoon GM, Kim HS. 2008. Changes in oxalate and phytate concentrations during soymilk processing from the

- seeds of Korean soybean cultivars. *Korean J Food Sci Technol* 17: 1122-1127.
22. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p 8-35.
 23. 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.
 24. Bang HP, Choi OK, Cho GS, Son JY, Ryu GH. 2006. The change of compositions and antioxidant effect in soybean cultivars pickled in persimmon. *Korean J Food Nutr* 4: 398-409.
 25. Yang YH, Lee JH, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Kim MR. 2005. Proximate analysis, mineral and fatty acid composition of domestic and glyphosate-tolerant HS2906 soybean. *J East Asian Soc Dietary Life* 15: 71-77.
 26. Lee KS, Kim HK, Oh MJ. 2006. Characteristics of tofu added with soybeans cultured by mycelia of *Pleurotus eryngii*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1038-1044.
 27. Kunchit J, Somsri C, Pongtorn S, Kriengkrai V, Yupaporn N. 2006. Total and soluble oxalate contents in Thai vegetables, cereal grains and legume seeds and their changes after cooking. *J Food Comp Anal* 19: 340-347.
 28. Ryoo SH, Kim SR, Kim KT, Kim SS. 2004. Isoflavone, phytic acid and oligosaccharides contents of domestic and imported soybean cultivars in Korea. *Korean J Food Nutr* 17: 229-235.
 29. Kim HS, Yoon JY, Lee SR. 1994. Effect of cooking and processing on the phytate content and protein digestibility of soybean. *J Food Sci Technol* 26: 603-608.
 30. Cho YH, Rhee CO. 1996. Effect of microwave heating on the content of phytic acid and phosphorus in soybeans. *Agric Chem Biotechnol* 39: 32-38.
 31. Lestienne I, Icard-Verniere C, Mouquet C, Picq C, Trèche S. 2005. Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. *Food Chem* 89: 421-425.

(2009년 4월 27일 접수; 2009년 5월 31일 채택)