

국내 산지별 대두와 이를 이용한 두부의 이화학적 특성 분석

서유진 · 김민경 · 이 슬 · 황인경[†]

서울대학교 식품영양학과

Physicochemical Characteristics of Soybeans Cultivated in Different Regions and the Accompanying Soybean Curd Properties

Yu Jin Seo, Min Kyoung Kim, Seul Lee and In Kyeong Hwang[†]

Department of Food and Nutrition, Seoul National University

Abstract

The objective of this study was to investigate the physicochemical characteristics of soybeans cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. To produce soybeans with regional competitiveness and demonstrate the distinctiveness of the soybean product, four regions(Paju, Andong, Muju, Hadong) and four varieties of soybean(Daewonkong, Daepungkong, Seonyukong, Cheogja 2) were selected for these experiments. There was a significant difference in the isoflavone content of soybeans and soybean curds($p < 0.05$). Soybeans from Andong had the highest content of genistein, daidzein and total isoflavone and soybeans from Hadong had the lowest content of these compound. Fatty acid composition of soybeans demonstrated a significant difference according to region($p < 0.05$). In particular, soybeans grown under adverse environmental conditions, such as high temperature and low latitude, contained the highest composition of oleic acid and the lowest composition of linoleic acid and linolenic acid. Although fatty acid content of soybean curd had a third of the fatty acid concentration of soybean, the same characteristic was observed in the fatty acid composition of soybean curd. In addition, both soybean and soybean curd had more than 80% unsaturated fatty acids and 50% of the unsaturated fatty acid content was linoleic acid. In conclusion, these results demonstrate the significant difference of soybean and soybean curd originating from different regions and showed the transition of nutritional constituents from soybean to soybean curd as a function of environmental factors. Therefore, we must consider these factors when manufacturing soy products.

Key words: soybean, soybean curd, isoflavone, fatty acid, regions

1. 서론

대두(*Glycine max(L.) Merr*)는 오랜 옛날부터 우리나라 뿐만 아니라 동남아시아에서 널리 재배되었고 식물성 단백질과 지방의 공급원으로 이용되어 왔다. 우리나라에서는 쌀, 보리, 조, 기장과 함께 주요한 작물 중 하나로 일상생활에서 다량 소비되고 있으며, 콩을 이용한 된장, 간장, 청국장, 두부, 비지, 콩나물, 콩기름 등으로 제조되어 왔다. 특히, 두부는 콩 단백질을 식용으로 하는 대표적인 비발효 콩 가공식품으로 영양분이 풍부하고 가격이 저렴하며 현대 소비자들의 식생활 패턴인 편의와 건강,

고급 맛 지향이라는 관점과 맞물려 식품 소재로서 재 각광을 받고 있다(Lee BY 등 1990, Kim CJ 1998).

우리나라는 다양한 콩 가공식품이 존재하여 1인당 소비량이 높고 점차 콩과 콩 가공식품의 중요성이 부각되어 수요량이 늘고 있지만, 국내의 콩 자급도 및 생산기반은 빈약한 실정이다. 농림수산식품부(2009)에 따르면, 우리나라의 콩 시장규모는 연간 1,676천 톤 수준으로 국내 생산은 114천 톤뿐이었고 나머지 대두 공급량은 미국, 중국 등지에서 수입하여 충당하고 있다. 이 중 식량으로 연간 99천 톤과 가공을 포함한 식용으로 연간 296천 톤이 소비되었다. 즉, 국내 콩 시장에서 콩 자급도는 7.1%이고, 식량 자급도는 28.2% 수준이다.

국내에서 생산된 콩만으로는 국내 식용수요를 맞추지 못하기 때문에 국민들의 식생활과 밀접하게 연관된 식용콩의 생산 및 영양학적 가치뿐만 아니라 품질 면에서 우수한 국산 콩의 공급이 절실하다. 그리하여 정부 및 지

[†]Corresponding author: InKyeong Hwang, Department of Food and Nutrition, Seoul National University
Tel: 02-880-6837
Fax: 02-884-0305
E-mail: ikhwang@snu.ac.kr

방자치단체에서 콩의 우수성을 알리고 대량재배를 통해 식량 자급률을 높이고자 고품질의 국산 콩 생산기반 구축 및 특산단지 조성과 경기도 파주 장단콩축제 등 고품질, 우수 품종 지역브랜드화를 실시하여 국산콩과 콩 가공제품에 대한 선호 수요에 부응하고자 노력하고 있다 (Kim YH 2002). 이에 국내산 콩 중에서 가공적성별 지역경쟁력을 갖춘 대두의 생산 및 이를 이용한 가공제품의 차별성을 살펴보기 위해 지역적 특성과 용도별 적합성을 갖춘 제품 개발을 위한 과학적 근거자료를 마련할 필요가 있다.

지금까지 지역적 특성 및 환경요인을 살펴본 연구에 따르면 콩의 영양성분인 조지방, 조단백, 조회분, 이소플라본, 지방산 등에서 위도, 고도, 온도, 강수량, 일조량 등에 따라 물질 합성 반응 및 효소 활성에 영향을 받아 함량 및 조성에 영향을 받는다고 보고하였다(Wolf RB 등 1982, Cherry JH 등 1985, Tsukamoto 등 1995, Maestri DM 등 1998, Lee SJ 등 2003, Ha TJ 등 2009, Yi ES 등 2009). 하지만 육종학적인 측면에서 콩의 성분 변화에만 초점을 맞추었기 때문에 가공제품으로의 성분 이행에 대한 연구는 부족한 실정이고 isoflavone과 같은 특정한 성분에 초점을 맞추어 물질 균형(Mass balance) 측면에서 실시한 연구가 대부분이다(Wang HJ 등 1996, Jackson CJC 등 2002). 즉 두부와 같이 여러 가공과정을 거치는 제품에서 원료콩의 지역적 특성 및 재배환경요인에 따른 다양한 성분의 함량과 조성 변화를 관찰함으로써 지역 경쟁력을 갖춘 대두를 선별하고 이를 이용한 가공제품의 특성을 살펴볼 필요가 있다. 따라서 국내에서 산지별로 재배된 콩의 이화학적 특성을 살펴보고 이에 따른 콩 가공식품 두부로 이행되는 특성을 비교, 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용한 콩은 농촌진흥청 국립식량과학원

Table 1. Test location and climatic data at four regions in 2009

	Paju	Andong	Muju	Hadong
	Altitude			
	38°	36°	36°	35°
Month	Temperature(°C)			
June	21	22.2	21.35	22.4
July	23.3	23.6	23.05	24.2
August	24.2	24	23.55	25.7
September	19.5	20.5	19.8	22.6
October	13.2	14.2	12.9	16.6

자동기상관측연보(기상청, 2009)

에서 경기도 파주, 경상북도 안동, 전라북도 무주, 경상남도 하동으로 지역별 농가를 지정하여 재배되어진 대원콩, 대풍콩, 선유콩, 청자 2호로 2009년 12월에 분양받아 실험에 사용하였다(Table 1). 콩은 5°C 냉장고에서 보관하였고, 분석용 시료는 분쇄기(HR-2860, Philips, Korea)로 분쇄하여 40 mesh의 체로 내린 후 동결 건조하여 -80°C에 보관하며 사용하였다.

2. 두부제조

콩 100 g을 일정시간 수세하고 증류수 300 mL에 넣어 실온에서 15시간 동안 수침시켰다. 수침된 콩과 증류수 700 mL을 분쇄기(HMF-1000, Hanil, Korea)에 넣고 3분간 갈은 후 타지 않게 저어주면서 17분간 가열하였다. 거즈 2장을 덮은 체에 액을 여과시켜 두유를 얻었고, 비지를 탈수기(Hanil, Korea)에 넣어 5분간 원심 분리하여 얻은 여액을 두유에 합하였다. 이렇게 만든 두유는 85°C 항온 수조(BS-31, JEIO TECH, Korea)에서 증탕하여 일정한 온도를 유지하였고, 75°C 이상이 되었을 때 미리 준비해 둔 2.5% 염화마그네슘(Taejin GnS) 용액을 넣어 20분간 응고시켰다. 응고물을 성형(10×75×55 mm) 틀에 넣어 20분간 500 g추로 눌러 성형하였다. 이렇게 성형된 두부를 증류수에 10분간 넣어두었고 증류수를 버리고 두부 표면의 수분을 제거하였다. 완성된 두부는 동결 건조하여 시료로 이용하였다.

3. 일반성분 분석

수분 함량은 105°C 상압가열건조법을 사용하였고 조지방 정량은 Soxhlet's 추출법을 사용하였으며 조단백 정량은 분해·증류·중화·적정 네 단계를 거치는 Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 측정하였다(AOAC 1990). 조회분 함량은 550°C 직접회화법을 이용하였고, 탄수화물 정량은 시료의 무게가 100%일 때 수분, 조지방, 조단백, 조회분의 함량(%)을 빼서 탄수화물의 함량(%)을 구하였다.

4. Isoflavone 함량 분석

동결건조 시료 1 g을 취하여 1N HCl 15 mL을 넣고 100°C 항온수조(BS-21, JEIO TECH, Korea)에서 90분 동안 가수분해를 하였다. 이를 상온에서 30분간 냉각한 후 methanol 35 mL을 추가하여 4,000 rpm에서 1시간 동안 원심 분리하여 추출하였다. 상층액 일부를 취하여 0.2 μm PTFE syringe filter로 여과하여 HPLC 분석 시료로 이용하였다. 두부는 동결 건조시료 0.1 g을 취하여 1N HCl 3 mL을 넣고 콩과 동일하게 가수분해 시킨 후 methanol 7 mL을 넣어 추출하였고, 콩과 동일한 방법으로 분석하였다. Isoflavone의 표준물질은 genistein과 daidzein(Sigma Chemical Co., USA)을 methanol에 5~100 μg/mL의 농도

로 용해시켜 분석에 이용하였다. 위의 시료를 측정하기 위한 분석조건은 Dionex사의 HPLC system을 이용하였으며 column은 Nova-pak C18(4 μm, 3.9×150 mm)을 사용하고 mobile phase는 0.1% acetic acid water, 0.1% acetic acid in acetonitrile(65:35, v/v)을 사용하였고, UV detector 254 nm에서 측정하였으며 sample injection volume은 10 μL, flow rate는 0.5 mL/min이었다.

5. 지방산 함량 분석

지방산 조성 분석을 위한 지방 추출법은 Bligh & Dyer의 추출법(Christie WW. 1982)을 사용하였다. 시료 5 g에 chloroform, methanol, 0.88 % KCl을 10:10:9(v/v/v) 비율로 첨가하여 150 rpm에서 shaking하면서 30분, 10분, 10분씩 연속추출하고 감압 여과하여 추출액을 모았다. 이것을 separatory funnel에 옮겨 20분 이상 정치하고, 하층 부분인 chloroform 부분을 분리하였는데 수분을 제거하기 위해 Na₂SO₄ 0.2 g이 넣어진 여과지(Whatman no 2)에 통과시켰고 모아진 chloroform을 감압농축한 뒤 질소를 충전하였다. 지방의 methylation은 다음과 같다. 지방 약 0.25 g에 0.5 N NaOH 메탄올 용액 6 mL를 가하여 녹이고 80°C에서 10분간 가열 후 condenser를 통해 14% BF₃ methanol 7 mL(Sigma Chemical Co., USA)을 넣은 후 2분간 끓이고 hexane 5 mL를 가하여 1분간 끓였다. 이후 flask를 상온에서 식힌 후 hexane 층을 vial에 옮겨 Na₂SO₄ 0.2 g을 넣어 10분간 반응시켜 수분을 제거하였다. 상층액 일부를 취하여 0.2 μm hydrophobic PTFE syringe filter로 여과하여 GC 분석 시료로 이용하였다. 지방산의 분석 조건은 Table 2와 같다.

6. 통계분석

본 연구의 통계처리는 SPSS 12.0K for Windows 프로그램을 이용하여 실시하였다. 시료 간 평균차이를 알아

보기 위해 Two-way analysis of variance을 하였고, 품종과 산지간의 교호작용이 존재할 경우 동일품종에서 산지별로 One-way analysis of variance를 실시하였으며 산지에 따른 유의적인 차이가 있을 경우 p<0.05 수준에서 Duncan의 다중검정법을 이용해 사후검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 원료콩의 일반성분 함량

원료콩의 일반성분은 Table 3과 같다. Two way ANOVA를 실시한 결과 조희분 함량을 제외한 일반성분에서 산지와 품종 간의 교호작용이 있었으며 조지방과 조희분 함량에서 산지에 따른 유의적인 차이가 있었다. 이 중 one way ANOVA를 실시한 결과 하동지역의 조지방과 조희분 함량에서 동일한 품종 내 산지에 따른 유의적인 차이를 보였다.

콩의 일반성분과 관련된 재배환경요인 연구에 의하면 콩의 조단백과 조지방 함량은 유전자형, 재배온도, 토양 비옥도 등 각종 환경요인의 영향을 받아 품종고유의 유전자 발현뿐만 아니라 단백질 및 지방의 합성경로, 함량이나 구성성분의 조성비에 대해 영향을 받는다고 한다(Kim SL 등 2007). 또한 Wolf RB 등(1982)에 따르면 수분 함량은 온도의 영향을 받지 않지만 조단백과 조지방 함량은 온도가 높아질수록 증가하며 이 중 조지방 함량은 온도와 정의 상관관계를 가진다고 하였다. Yang MH 등(1997)과 Kumar V 등(2006)은 조단백 함량과 평균 기온 간에 정의 상관관계를 나타낸다고 하였고, Kumar V 등(2006)과 Han WY 등(2008)은 조단백 함량과 위도 간에 부의 상관관계를 나타낸다고 보고하였다. Cherry JH 등(1985)에 의하면 조지방 함량은 북쪽지역에서 재배된 콩보다 남쪽지역에서 재배된 콩에서 많다고 하였으나 Han WY 등(2008)은 수집한 재래종에서 조지방 함량은 고위도지역에서 높다고 보고하였고 Kumar V 등(2006)은 조지방 함량은 위도와 정의 상관관계를 가지며 일평균기온과 부의 상관관계를 보인다고 하였다. 한편 조희분 함량은 기후나 품종보다는 토양의 종류 및 산출력(fertility)의 영향을 더 받는다고 보고되었다(Harue T 등 1971).

이와 관련하여 본 실험의 결과를 살펴보면 조지방 함량은 기온이 높은 하동지역이 전 품종에서 유의적으로 높았고, 조단백 함량은 기온과 강우량 모두에서 상관관계를 나타내지 않았다. 또한 수분함량은 one way ANOVA로 살펴본 결과 동일 품종 내 산지별 차이에서 파주지역이 유의적으로 높게 나타났다. 조희분 함량은 하동지역이 모든 품종에서 유의적으로 높았다. 따라서 본 연구의 일반성분 결과만으로는 결론을 내리기가 어렵고 기온, 위도, 강우량 등 다양한 재배환경의 영향을 받아 산지별로 유의적인 차이가 나타나는 것으로 사료된다.

Table 2. Operating condition of fatty acid analysis

Instrument parameter	Condition		
Model	Gas Chromatography 6890 (Agilent, USA)		
Column	DB-23(J&W scientific, CA, USA)		
Temperature	Initial	160°C	holding 2 min
	3.5/min	240°C	5 min
	25.0/min	260°C	5 min
Injector	250 Splitless		
Detector	260 FID detector		
Carrier gas	He 1.4 mL/min		
Injection volume	1 μL		

Table 3. Proximate composition in soybean varieties at different regions (unit: %)

Variety	Region	Moisture	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrates	Crude ash
Daewonkong	Paju	8.56±0.09 ^{a1)}	18.42±0.20 ^c	39.06±0.78 ^a	29.38±0.44 ^b	4.59±0.09 ^c
	Andong	7.86±0.13 ^b	19.52±0.25 ^b	37.81±0.46 ^a	29.99±0.11 ^{ab}	4.82±0.08 ^b
	Muju	8.27±0.02 ^a	17.17±0.14 ^d	38.69±0.48 ^a	31.12±0.75 ^a	4.75±0.13 ^b
	Hadong	6.76±0.26 ^c	21.32±0.25 ^a	35.99±1.25 ^b	30.31±0.84 ^{ab}	5.62±0.05 ^a
Daepungkong	Paju	7.68±0.16 ^a	19.18±0.07 ^c	38.34±1.35	30.08±1.28	4.73±0.09 ^b
	Andong	7.57±0.10 ^{ab}	19.54±0.13 ^b	37.14±0.38	30.48±0.33	5.27±0.13 ^b
	Muju	7.43±0.04 ^b	18.89±0.07 ^d	38.69±1.32	30.04±1.11	4.96±0.19 ^b
	Hadong	7.16±0.08 ^c	19.93±0.07 ^a	37.82±1.21	29.11±1.43	5.98±0.71 ^a
Seonyukong	Paju	8.54±0.15 ^a	17.69±0.14 ^a	37.28±1.37 ^c	31.71±2.13	4.78±0.92
	Andong	6.63±0.00 ^d	18.12±0.15 ^a	40.47±0.45 ^a	29.80±0.44	4.98±0.11
	Muju	7.54±0.34 ^c	17.04±0.43 ^b	39.65±0.94 ^{ab}	30.91±1.69	4.85±0.11
	Hadong	7.97±0.04 ^b	17.69±0.07 ^a	38.36±0.65 ^{bc}	30.73±0.83	5.25±0.43
Cheongja 2	Paju	8.24±0.06 ^a	15.45±0.05 ^b	38.42±0.28 ^b	33.10±0.24 ^a	4.78±0.07 ^b
	Andong	8.58±0.32 ^a	15.82±0.36 ^{ab}	40.59±1.16 ^a	29.84±1.33 ^c	5.17±0.06 ^a
	Muju	8.56±0.06 ^a	14.81±0.31 ^c	40.24±0.23 ^a	31.57±0.40 ^b	4.81±0.27 ^b
	Hadong	6.98±0.18 ^b	16.07±0.12 ^a	38.93±0.46 ^b	32.75±0.43 ^{ab}	5.27±0.06 ^a
p-value	Region	0.170	0.030	0.234	0.478	0.000
	V ² *R	0.000	0.000	0.002	0.020	0.488

¹⁾ Results are shown as mean±SD

²⁾ Variety

p-value about region at each variety by two-way ANOVA

Different superscripts within each variety indicate significant different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

2. 원료콩의 Isoflavone 함량

대두의 기능성 성분이자 식물성 생리활성물질인 isoflavone 함량은 Fig. 1과 같다. 산지별 원료콩의 isoflavone 함량 범위를 살펴보면 파주지역의 daidzein 함량은 424.40~888.68 µg/g, genistein 함량은 645.77~1044.43 µg/g이고 안동지역의 daidzein 함량은 392.35~941.00 µg/g, genistein 함량은 744.08~1135.60 µg/g이며 무주지역의 daidzein 함량은 268.54~645.32 µg/g, genistein 함량은 456.90~833.81 µg/g이며 하동지역의 daidzein 함량은 207.20~627.71 µg/g, genistein 함량은 374.09~757.36 µg/g이었다. Two way ANOVA을 실시한 결과 산지와 품종 간의 교호작용이 있었으며 daidzein과 genistein에서 산지에 따른 차이가 있었다. 안동지역의 daidzein, genistein과 total isoflavone 함량은 다른 지역에 비해 유의적으로 높았으며, 하동지역의 daidzein, genistein과 total isoflavone 함량은 유의적으로 낮았다. 또한 품종과 산지에 관계없이 genistein의 함량이 daidzein의 함량보다 많았다.

Cho YS 등(2007)은 종자 크기가 클수록 daidzein과 genistein 함량이 증가하는 경향을 보인다고 보고하였지만 본 연구에서는 종자 크기가 큰 선유콩의 isoflavone 함량 보다는 종자 크기가 작은 대풍콩의 isoflavone 함량이 더 많게 측정되었다. 이는 종자 크기보다는 품종, 유전자형

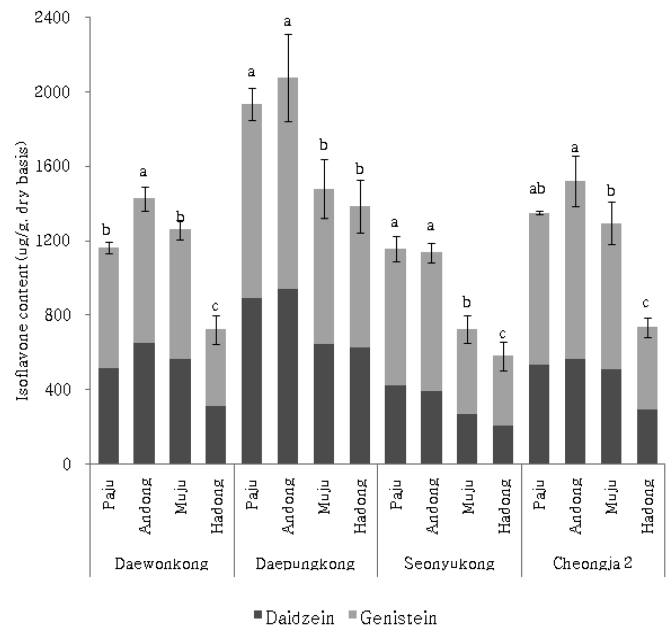


Fig. 1. Isoflavone content of soybean varieties at different regions.

Different superscripts within each variety indicate significant different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

의 특성이 isoflavone 함량에 더 영향을 준 것으로 판단되

었다. 또한 Tsukamoto 등(1995)에 따르면 isoflavone 함량은 온도가 올라갈수록 유의적으로 감소한다고 하였고 Yi ES 등(2009)은 강우량이 많은 지역에서 isoflavone 함량이 감소한다고 보고하였다. Lee SJ 등(2003a)은 1998~2000년까지 3년간 같은 지역에서 재배된 콩의 isoflavone 함량 차이를 통해 연간 평균 온도의 차이가 함량의 차이를 가져왔다고 보고하였다. 본 실험 결과를 살펴보면 대원콩을 제외한 품종에서 평균기온이 낮은 파주와 안동 지역의 isoflavone 함량이 평균기온이 높은 하동지역의 함량보다 유의적으로 높은 것을 확인함으로써 이전의 논문들과 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 재배기간 동안 강우량이 많았던 하동지역이 다른 지역보다 유의적으로 낮은 isoflavone 함량을 보였는데 이는 Yi ES 등(2009)의 보고와 유사한 것으로 판단된다.

Lee SJ 등(2003b)은 다양한 isoflavone의 함량 변화에 주된 요인으로 환경요인과 유전자형과 환경간의 상호작용을 보고하였고, Wang HJ 등(1994)은 재배지역보다는 재배년도가 콩의 isoflavone 함량에 더 영향을 미친다고 보고하였다. 이를 통해 대두의 isoflavone 함량이 산지별 평균온도 및 강우량 등 재배환경 요인에 의해 유의적인 차이를 보인 것으로 판단된다.

3. 원료콩의 지방산 조성

원료콩의 지방산 조성은 Table 4와 같다. 지방산 조성 함량은 모든 산지에서 linoleic acid(C_{18:2}) > oleic acid(C_{18:1}) > palmitic acid(C_{16:0}) > linolenic acid(C_{18:3}) > stearic acid(C_{18:0}) > arachidic acid(C_{20:0}) > myristic acid(C_{14:0}) 순서로 나타났다.

Two way ANOVA을 실시한 결과 모든 지방산에서 산지와 품종 간의 교호작용이 있었고 개별 지방산에서 산지에 따른 유의적인 차이가 있었다. 산지에 따른 차이를 살펴보면 하동지역은 전 품종에서 myristic acid, oleic acid, arachidic acid가 유의적으로 높았고 linolenic acid는 낮았으나, 대원콩과 대풍콩에서만 palmitic acid가 높았다. 무주지역은 linolenic acid가 모든 품종에서 유의적으로 높게 나타났다.

Wolf RB 등(1982)과 Tsukamoto 등(1995)에 따르면 지방산의 함량과 조성은 재배환경의 영향을 받는다고 하였다. 특히 온도가 올라갈수록 다불포화 지방산인 linolenic acid와 linoleic acid의 함량이 감소하고 이에 따라 단순 불포화 지방산인 oleic acid의 함량이 증가하며 palmitic acid와 stearic acid은 온도의 영향을 받지 않는다고 보고하였다. 이것은 온도가 증가할수록 cytoplasm 내에서 O₂의 용해도가 감소하여 dehydrogenation 반응을 제한하기

Table 4. Fatty acid composition of soybean varieties at different regions (unit: %)

Variety	Region	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	SFA*	USFA**
Daewonkong	Paju	0.07±0.00 ^{c1)}	9.75±0.04 ^b	4.27±0.15 ^a	21.40±0.35 ^b	56.92±0.34 ^a	7.25±0.22 ^c	0.35±0.02 ^b	14.44	85.56
	Andong	0.07±0.00 ^b	10.37±0.16 ^a	3.49±0.09 ^b	20.95±0.14 ^c	57.07±0.28 ^a	7.74±0.12 ^b	0.30±0.02 ^c	14.24	85.76
	Muju	0.07±0.00 ^b	9.86±0.07 ^b	3.34±0.02 ^b	20.49±0.04 ^d	56.10±0.07 ^b	9.85±0.04 ^a	0.28±0.00 ^c	13.56	86.44
	Hadong	0.08±0.00 ^a	10.44±0.06 ^a	4.24±0.01 ^a	24.01±0.07 ^a	54.31±0.06 ^c	6.50±0.06 ^d	0.41±0.00 ^a	15.17	84.83
Daepungkong	Paju	0.07±0.00 ^b	10.01±0.20 ^b	3.86±0.06 ^b	19.34±0.24 ^b	58.87±0.14 ^b	7.60±0.12 ^b	0.26±0.01 ^b	14.20	85.80
	Andong	0.08±0.00 ^a	10.32±0.12 ^a	3.60±0.04 ^c	18.32±0.18 ^c	59.31±0.23 ^a	8.12±0.13 ^a	0.24±0.01 ^c	14.25	85.75
	Muju	0.08±0.00 ^a	10.30±0.06 ^a	3.97±0.04 ^a	19.59±0.02 ^{ab}	57.58±0.11 ^d	8.20±0.00 ^a	0.28±0.01 ^a	14.63	85.37
	Hadong	0.08±0.00 ^a	10.39±0.08 ^a	4.03±0.06 ^a	19.72±0.05 ^a	58.13±0.10 ^c	7.36±0.03 ^c	0.29±0.01 ^a	14.79	85.21
Seonyukong	Paju	0.07±0.00 ^c	10.96±0.11	3.95±0.07 ^a	21.45±0.06 ^c	55.24±0.23 ^a	7.99±0.03 ^b	0.34±0.01 ^a	15.32	84.68
	Andong	0.08±0.00 ^b	10.99±0.15	3.37±0.10 ^c	21.43±0.24 ^c	55.18±0.29 ^a	8.66±0.17 ^a	0.30±0.02 ^b	14.74	85.26
	Muju	0.08±0.00 ^a	10.72±0.16	3.62±0.11 ^b	24.25±0.24 ^b	52.43±0.37 ^b	8.57±0.15 ^a	0.33±0.02 ^a	14.75	85.25
	Hadong	0.08±0.00 ^a	11.04±0.00	3.68±0.00 ^b	25.55±0.10 ^a	52.03±0.06 ^b	7.28±0.04 ^c	0.35±0.00 ^a	15.14	84.86
Cheongja 2	Paju	0.07±0.00 ^b	10.09±0.07	4.09±0.08 ^a	19.65±0.08 ^c	56.91±0.16 ^a	8.85±0.06 ^b	0.34±0.01 ^{ab}	14.59	85.41
	Andong	0.07±0.00 ^b	10.19±0.06	3.60±0.06 ^c	20.60±0.09 ^b	56.08±0.15 ^b	9.16±0.07 ^b	0.30±0.01 ^b	14.16	85.84
	Muju	0.08±0.00 ^{ab}	9.97±0.04	3.57±0.04 ^b	19.18±0.05 ^d	55.59±0.10 ^b	11.31±0.05 ^a	0.30±0.01 ^b	13.92	86.08
	Hadong	0.08±0.00 ^a	10.39±0.35	4.13±0.16 ^a	23.28±0.34 ^a	54.36±0.55 ^c	7.37±0.34 ^c	0.38±0.03 ^a	14.99	85.01
p-value	Region	0.001	0.017	0.011	0.018	0.002	0.006	0.010	-	-
	V ² *R	0.006	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-

*SFA: Saturated fatty acid **USFA: Unsaturated fatty acid

¹⁾ Results are shown as mean±SD

²⁾ Variety

p-value about region at each variety by two-way ANOVA

Different superscripts within each variety indicate significant different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

Table 5. Proximate composition in soybean curds made from four varieties at different regions (unit: %)

Variety	Region	Moisture	Crude lipid	Crude protein	Carbohydrates	Crude ash
Daewonkong	Paju	79.50±0.71 ¹⁾	5.21±0.11 ^b	11.55±0.64	2.95±0.60	0.79±0.01 ^b
	Andong	80.04±0.59	5.27±0.21 ^b	11.09±0.40	2.83±0.11	0.77±0.01 ^{bc}
	Muju	79.97±0.65	5.09±0.20 ^b	11.32±0.33	2.87±0.37	0.75±0.03 ^c
	Hadong	80.06±0.13	5.86±0.10 ^a	10.55±0.22	2.69±0.04	0.85±0.01 ^a
Daepungkong	Paju	79.82±0.88 ^b	5.60±0.35 ^a	11.18±0.62	2.64±0.24	0.75±0.03
	Andong	81.05±0.04 ^a	4.93±0.48 ^b	10.57±0.06	2.70±0.47	0.75±0.03
	Muju	80.57±0.31 ^{ab}	5.53±0.17 ^a	10.62±0.08	2.57±0.14	0.71±0.02
	Hadong	79.70±0.35 ^b	5.85±0.09 ^a	11.08±0.10	2.64±0.41	0.73±0.01
Seonyukong	Paju	80.89±0.29	4.96±0.09 ^a	10.58±0.36	2.77±0.17	0.80±0.01
	Andong	80.92±1.58	4.33±0.31 ^b	11.08±0.84	2.86±0.39	0.80±0.04
	Muju	80.63±0.52	4.61±0.18 ^{ab}	11.37±0.47	2.57±0.24	0.81±0.03
	Hadong	81.67±0.32	4.25±0.15 ^b	10.10±0.30	3.23±0.19	0.75±0.00
Cheongja 2	Paju	80.65±0.87	3.95±0.23	11.28±0.49	3.32±0.91	0.80±0.01
	Andong	80.60±1.38	4.05±0.98	11.29±0.91	3.23±0.53	0.83±0.04
	Muju	80.26±0.64	4.38±0.28	11.49±0.27	3.06±0.08	0.82±0.05
	Hadong	80.89±0.61	3.97±0.24	10.97±0.41	3.05±0.64	1.12±0.51
p-value	Region	0.511	0.507	0.256	0.585	0.448
	V ² *R	0.406	0.013	0.092	0.850	0.345

¹⁾ Results are shown as mean±SD

²⁾ Variety

p-value about region at each variety by two-way ANOVA

Different superscripts within each variety indicate significant different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

때문이며 지방산 합성에 참여하는 광민감성 desaturase enzymes의 활성이나 재배지역 토양의 수분에 따라서 지방함량 및 지방산 조성에 영향을 받기 때문인 것으로 보고되었다(Kim SL 등 2007).

Cherry JH 등(1985)은 위도에 따라 남쪽지역 콩은 myristic acid, linolenic acid가 낮고 oleic acid가 높았다고 보고하였고, Ha TJ 등(2009)은 위도별 검정콩의 지방산 조성에서 저위도지역인 밀양은 oleic acid가 높고 고위도지역인 무주는 linoleic acid와 linolenic acid가 높다고 보고하였다. 이를 통해 콩의 포화지방산은 재배환경에 따라 조성비의 변화가 덜하나 불포화지방산은 재배환경의 영향을 받는 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 위도가 낮고 온도가 높은 하동지역이 다른 지역보다 oleic acid의 조성이 높았으며 linolenic acid와 linoleic acid의 조성이 유의적으로 낮았다. 즉, 콩의 지방산 조성에 산지별 재배환경 요인이 유의성 있는 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

4. 두부의 일반성분 함량

두부의 일반성분은 Table 5와 같다. Two way ANOVA를 실시한 결과 조지방 함량에서 산지와 품종 간의 교호작용이 있었고 모든 성분에서 산지별 차이가 없었다.

One way ANOVA로 동일 품종 내 산지에 따른 차이를 살펴보면 조단백과 탄수화물 함량은 산지별 유의적인 차이가 없었고 수분, 조지방, 조회분 함량은 일부 품종에서만 산지별로 유의적인 차이를 보였다.

특히 하동지역의 대원콩과 대풍콩 두부는 조지방 함량이 유의적으로 많았고 대원콩 두부는 조회분 함량이 많았다. 이는 산지별 대두에서도 관찰되었다. 이를 통해 콩에서 두부로 만들어 질 때 대두의 산지별 특성이 두부의 일반성분에도 영향을 미친 것으로 판단되었다.

5. 두부의 Isoflavone 함량

두부의 isoflavone 함량은 Fig. 2와 같다. 본 연구에서 산지별 두부의 isoflavone 함량 범위를 살펴보면 파주지역 두부의 daidzein 함량은 317.65~681.18 µg/g, genistein 함량은 293.91~460.42 µg/g이고 안동지역 두부의 daidzein 함량은 291.50~671.99 µg/g, genistein 함량은 318.91~493.31 µg/g이며 무주지역 두부의 daidzein 함량은 217.82~612.51 µg/g, genistein 함량은 233.54~424.83 µg/g이며 청자 2호 두부의 daidzein 함량은 141.52~520.50 µg/g, genistein 함량은 145.09~350.88 µg/g이었다.

Two way ANOVA를 실시한 결과 daidzein, genistein, total isoflavone 함량에서 산지 간, 품종 간에 유의적인 차이

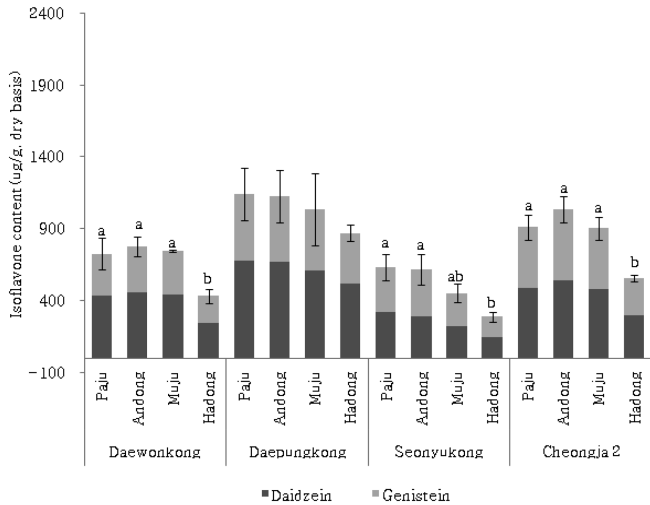


Fig. 2. Isoflavone of soybean curd made from four varieties of soybean at different regions
 Different superscripts within each variety indicate significant different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

가 있었다. 또한 one way ANOVA를 실시한 결과 대원콩, 선유콩, 청자 2호에서 안동지역과 파주지역의 total isoflavone 함량은 유의적으로 높았고 하동지역의 함량은 유의적으로 낮았다.

Jackson CJ 등(2002)과 Kim CJ 등(2009)은 여러 형태의 isoflavone 가운데 물에 대한 용해도가 상대적으로 높으며 열에 의해 분해되기 쉬운 malonyl isomer가 수침 중 감소되어 isoflavone이 손실된다고 보고하였고 마쇄과정에서 끓는 물을 사용할 경우에도 isoflavone의 손실이 있다고 보고하였다. 그리하여 두부 제조 시 침지뿐만 아니라 가열처리, 여과 및 응고 과정 중에 초기 함량의 약 67%를 잃게 된다고 보고하였다. 즉, 두부의 isoflavone은 침지조건, 가열처리 조건, 여과방법, 응고제의 종류 등의 영향을 받아 대두의 isoflavone이 상당량 손실된다. 본 연구에서도 콩에서 두부로 제조될 때 isoflavone의 함량이 감소되기는 하였으나 산지별로 채배된 대두의 특성이 두부의 특성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 따라서 콩에서 두부로 제조될 때 대두의 isoflavone이 가공품에 영향을 미칠 것으로 판단되었고 지역경쟁력을 갖춘 두부를 제조하는 과정의 일환으로 산지별 특성에 따른 대두와 이를 이용한 두부의 특성이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

6. 두부의 지방산 조성

산지별 대두를 이용하여 제조한 두부의 지방산 조성은 Table 6과 같다. 지방산 조성 함량은 모든 산지에서 lino-

Table 6. Fatty acid composition of soybean curd made from four varieties of soybean at different regions (unit: %)

Variety	Region	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}	SFA*	USFA**
Daewonkong	Paju	0.08±0.00 ^{b1)}	10.25±0.02 ^c	4.35±0.04 ^a	22.12±0.15 ^b	55.65±0.12 ^b	7.19±0.08 ^c	0.36±0.01 ^b	15.04	84.96
	Andong	0.08±0.01 ^b	10.75±0.33 ^{ab}	3.52±0.07 ^b	21.48±0.37 ^c	56.31±0.34 ^a	7.56±0.28 ^b	0.30±0.02 ^c	14.65	85.35
	Muju	0.08±0.00 ^{ab}	10.45±0.16 ^{bc}	3.49±0.04 ^b	21.07±0.25 ^c	54.95±0.36 ^c	9.65±0.12 ^a	0.31±0.01 ^c	14.33	85.67
	Hadong	0.09±0.00 ^a	10.85±0.09 ^a	4.29±0.06 ^a	24.13±0.14 ^a	53.68±0.17 ^d	6.55±0.13 ^d	0.41±0.01 ^a	15.64	84.36
Daepungkong	Paju	0.08±0.00	10.51±0.09	3.94±0.03	19.62±0.20	57.99±0.18	7.58±0.05	0.27±0.00	14.81	85.19
	Andong	0.09±0.01	11.50±0.86	3.96±0.28	19.34±1.03	57.11±1.66	7.71±0.53	0.28±0.02	15.83	84.17
	Muju	0.09±0.00	10.72±0.16	4.08±0.08	19.90±0.15	56.83±0.23	8.08±0.07	0.29±0.01	15.19	84.81
	Hadong	0.09±0.00	10.83±0.08	4.11±0.08	19.71±0.17	57.46±0.24	7.49±0.11	0.29±0.01	15.34	84.66
Seonyukong	Paju	0.08±0.00	11.19±0.06	3.92±0.03 ^a	21.85±0.20 ^d	54.57±0.04 ^a	8.05±0.11 ^b	0.34±0.00 ^{bc}	15.53	84.47
	Andong	0.09±0.00	11.71±0.18	3.57±0.08 ^c	22.32±0.14 ^c	53.52±0.44 ^b	8.48±0.12 ^a	0.32±0.01 ^c	15.69	84.31
	Muju	0.08±0.00	11.36±0.26	3.78±0.08 ^{ab}	24.59±0.19 ^b	51.35±0.38 ^c	8.47±0.16 ^a	0.36±0.01 ^a	15.59	84.41
	Hadong	0.09±0.00	11.43±0.05	3.76±0.07 ^b	26.32±0.24 ^a	51.02±0.22 ^c	7.02±0.09 ^c	0.35±0.01 ^{ab}	15.63	84.37
Cheongja 2	Paju	0.08±0.00	10.53±0.55	4.11±0.24 ^a	20.41±1.06 ^{bc}	56.09±1.04 ^a	8.44±0.84 ^b	0.34±0.02 ^b	15.06	84.94
	Andong	0.09±0.00	10.75±0.17	3.70±0.05 ^b	20.98±0.29 ^b	54.96±0.41 ^{ab}	9.20±0.11 ^b	0.31±0.01 ^b	14.86	85.14
	Muju	0.08±0.00	10.01±0.23	3.44±0.07 ^c	19.45±0.31 ^c	55.36±0.32 ^a	11.38±0.25 ^a	0.28±0.02 ^c	13.81	86.19
	Hadong	0.09±0.00	10.68±0.41	4.11±0.02 ^a	23.22±0.24 ^a	54.00±0.21 ^b	7.53±0.25 ^c	0.37±0.00 ^a	15.25	84.75
p-value	Region	0.032	0.013	0.065	0.036	0.025	0.008	0.091	-	-
	V ²⁾ *R	0.194	0.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-

*SFA: Saturated fatty acid **USFA: Unsaturated fatty acid

1) Results are shown as mean±SD

2) Variety

p-value about region at each variety by two-way ANOVA

Different superscripts within each variety indicate significant different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

leic acid(C_{18:2}) > oleic acid(C_{18:1}) > palmitic acid(C_{16:0}) > linolenic acid(C_{18:3}) > stearic acid(C_{18:0}) > arachidic acid(C_{20:0}) > myristic acid(C_{14:0}) 순서로 나타났다. 이는 원료콩의 지방산 조성과의 동일한 순서였다.

지방산 조성에서 two way ANOVA를 실시한 결과 myristic acid와 palmitic acid를 제외한 지방산에서 산지와 품종 간의 교호작용이 있었고 stearic acid와 arachidic acid를 제외한 지방산에서 산지에 따른 유의적인 차이가 있었다. One way ANOVA로 품종별 산지에 따른 차이를 살펴보면 파주지역은 대풍콩을 제외한 품종에서 stearic acid가 높았고 무주지역은 모든 품종에서 linolenic acid가 유의적으로 높았다. 하동지역은 모든 품종에서 myristic acid가 높았고 linolenic acid가 낮았으며 대원콩, 선유콩, 청자 2호에서 oleic acid가 높았고 대원콩과 청자 2호에서 arachidic acid가 유의적으로 높았다. 이는 원료콩과 마찬가지로 기온 등 재배환경에 의해 발생한 것으로 사료된다.

두부의 지방산 함량은 원료콩의 1/3 수준이었지만 지방산 조성은 원료콩과 마찬가지로 불포화지방산의 조성 비율이 80% 이상이며, 필수 지방산인 linoleic acid가 50% 이상을 차지하고 있어 원료콩과 유사한 조성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 콩과 마찬가지로 위도가 낮고 온도가 높은 하동지역이 다른 지역보다 oleic acid의 조성이 높으며 linolenic acid와 linoleic acid의 조성이 유의적으로 낮았다. 두부에서도 isoflavone과 마찬가지로 대두의 지방산 특성이 여러 제조과정을 거치는 두부의 특성에 영향을 미친 것으로 판단되었고, 이 또한 두부 제조 및 가공적성 평가 시 고려되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 지역경쟁력을 갖춘 대두의 생산 및 이를 이용한 가공제품의 차별성을 살펴보기 위해 경기도 파주, 경상북도 안동, 전라북도 무주, 경상남도 하동에서 재배되어 2009년 6월 15일에 파종한 대원콩, 대풍콩, 선유콩, 청자 2호와 이들로 만든 두부의 특성을 평가하였다. 일반성분에서는 대두의 산지별 특성이 두부의 일반성분에 영향을 미친 것으로 사료되었다. 대두의 isoflavone 함량은 모든 품종에서 안동지역의 함량이 다른 지역에 비해 유의적으로 많았고, 하동지역은 낮았다. 두부의 isoflavone 함량에서도 이와 같은 경향이 관찰되었다. 대두의 지방산 조성은 하동지역이 다른 지역보다 oleic acid의 조성이 높았으며, linolenic acid와 linoleic acid의 조성이 유의적으로 낮았다. 이는 두부의 지방산 조성에서도 비슷하게 나타났다. 이를 통해 산지별로 재배된 대두의 이화학적 특성이 산지에 따라 유의적인 차이가 있었고 이로 만든 두부에서도 유사한 것을 알 수 있었다. 즉 콩에서 두부

로 제조될 때 산지별 대두의 특성이 최종 가공물에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 따라서 콩 가공제품을 제조할 때 산지별로 재배된 원료 콩의 이화학적 특성 차이를 고려한다면 보다 용도별 적합성이 뛰어나고 우수한 콩 가공제품의 제조와 가공적성평가 항목의 설정에 기초 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

V. 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원에 의하여 연구된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 기상청. 2009. 자동기상관측연보. 기상청. 한국. 6-10월. p 7
- 농림수산식품부. 2009. 농림수산식품통계연보. Dongyang p&c. Korea. p 102, 209
- AOAC. 1990. AOAC, Official methods of analysis (15th edn.). Association of official analytical chemists. Washington DC
- Cherry JH, Bishop L, Hasegawa PM, Leffler HR. 1985. Differences in the fatty acid composition of soybean seed produced in northern and southern areas of the U.S.A. *Phytochemistry*. 24(2):237-241
- Christie WW. 1982. *Lipid analysis* (2nd edn.). Pergamon press, Oxford. p 22-23
- Cho YS, Song J, Koo BC, Seo JH, Kim SD, Choi IS, Shin JC, Yang WH, Ha TJ. 2007. Effects of color differentiation and seed size of soybean on isoflavone concentration in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 52(4): 359-362
- Han WY, Park KY, Kim HT, Ko JM, Baek IY, Lee CY, Choung MG. 2008. Variations in growth characteristics and seed qualities of korean soybean landraces. *Korean J. Crop Sci.* 53(S):96-102
- Harue T, Hirokadzu T. 1971. Influence of location on the chemical composition of soybean seeds. National food research institute, ministry of agriculture and forestry, Koto-ku, Tokyo. 213-225
- Ha TJ, Lee JH, Shin SO, Shin SH, Han SI, Kim HT, Ko JM, Lee MH, Park KY. 2009. Changes in anthocyanin and isoflavone concentrations in black seed-coated soybean at different planting locations. *J. Crop Sci. Biotech.* 12(2):79-86
- Jackson CJC, Dini JP, Lavandier C, Rupasinghe HPV, Faulkner H, Poysa V, Buzzell D, DeGrandis S. 2002. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. *Process biochemistry*. 37:1117-1123
- Kim CJ. 1998. 두부의 가공과 이용. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 8(4):508-533
- Kim CJ. 2009. 콩과 두부의 품질요인. Available from: http://www.thinkfood.co.kr/main/php/search_view.php?id=34490. Accessed June 1, 2010

- 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(3):348-357
- Kim YH. 2002. Current achievement and perspectives of seed quality evaluation in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 47(S):95-106
- Kumar V, Rani A, Solanki S, Hussain SM. 2006. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed. *J. Food Compos. Anal.* 19:188-195
- Lee BY, Kim DM, Kim KH. 1990. Studies on the processing aptitude of the Korean soybean cultivars for soybean curd. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22(3):363-368
- Lee SJ, Ahn JK, Kim SH, Kim JT, Han SJ, Jung MY, Chung IM. 2003. Variation in isoflavone of soybean cultivars with location and storage duration. *J. Agric. Food Chem.* 51(11):3382-3389
- Lee SJ, Yanb W, Ahna JK, Chung IM. 2003. Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isoflavones. *a field crops research.* 81(2-3):181-192
- Maestri DM, Labuckas DO, Meriles JM, Lamarque AL, Zygadlo JA, Guzman CA. 1998. Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *J. Sci. Food Agric.* 77:494-498
- Tsukamoto C, Shimada S, Igita K, Kudou S, Kokubun M, Okubo K, Kitamura K. 1995. Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. *J. Agric. Food Chem.* 43:1184-1192
- Wang HJ, Murphy PA. 1994. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: effects of variety, crop year, and location. *J. Agric. Food Chem.* 42(8):1674-1677
- Wang HJ, Murphy PA. 1996. Mass balance study of isoflavones during soybean processing. *J. Agric. Food Chem.* 44:2377-2383
- Wolf RB, Cavins JF, Kleiman R, Black LT. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59(5):230-232
- Yang MH, Burton JW. 1997. Climatic influence on seed protein content in soybean (*Glycine max*). *Korean J. Crop Sci.* 42(5):539-547
- Yi ES, Yi YS, Yoon ST, Lee HG. 2009. Variation in antioxidant components of black soybean as affected by variety and cultivation region. *Korean J. Crop Sci.* 54(1):80-87

2010년 6월 21일 접수; 2010년 7월 30일 심사(수정); 2010년 7월 30일 채택