

## 위도가 다른 재배지역에서 생육한 검정콩의 안토시아닌 및 이소플라본 함량 변이

홍승범 · 이수진 · 김영학 · 황영선 · 윤광희 · 이성인 · 남미영 · 송이슬 · 정명근\*

강원대학교 생약자원개발학과  
(2010년 6월 10일 접수, 2010년 6월 23일 수리)

### Variation of Anthocyanin, and Isoflavone Contents in Korean Black Soybeans Grown at Different Latitudinal Locations

Seung-Beom Hong, Su-Jin Lee, Young-Hak Kim, Young-Sun Hwang, Kwang-Hee Yoon, Sung-In Lee, Mi-Young Nam, Lee-Seul Song and Myoung-Gun Choung (Department of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea)

This experiment was conducted to investigate the variation of anthocyanin, and isoflavone contents in five cultivars and two lines of Korean domestic black soybeans grown at different latitudinal locations, a high latitude, Suwon (37°16'N) and a low latitude, Milyang (35°30'N). Delphinidin-3-glucoside (D3G) contents of anthocyanin in Geomjeongkong # 3 and Ilpumgeomjeongkong, cyanidin-3-glucoside (C3G) content in Milyang # 113, petunidin-3-glucoside (Pt3G) contents in Milyang # 113, and Ilpumgeomjeongkong, and total anthocyanins in Milyang # 113 were highest among the seven black soybean cultivars and lines. D3G, C3G, and total anthocyanins in Geomjeongkong # 3, C3G, and total anthocyanins in Ilpumgeomjeongkong grown at high latitude were higher compared to low latitude. Daidzein, glycitein, genistein, and total isoflavone contents in Geomjeongkong # 4 were highest among the seven cultivars and lines. Daidzein contents of isoflavone in Geomjeongkong # 3, Milyang # 112, and Milyang # 113 grown at high latitude were higher compared to low latitude. Glycitein contents in Geomjeongkong # 3, and # 4 grown at high latitude were higher compared to low latitude, while it in Milyang # 113 grown at low latitude was higher compared to high latitude. Genistein contents in most black soybeans except Milyang # 113, and total isoflavone contents in Geomjeongkong # 4 and Cheongjakong grown at low latitude were higher compared to high latitude. The variations of anthocyanin except Pt3G and isoflavone contents seemed to be affected by environmental conditions like different latitude than the genotype because they showed the significant interaction between cultivars and locations.

**Key Words:** Anthocyanin, Black soybean, Isoflavone, Latitude

### 서론

우리나라 콩 재배역사는 삼국지 위서 동이전 부여조에 '土地宜五穀不生五果(토지선오곡불생오과)' 승진조(升辰條)에 '土地肥美宜移種五穀及稻(토지택미선이종오곡급도)' 라는 기록이 있어 벼, 보리, 기장, 피, 콩, 참깨 등 오곡에 콩이 포함되므로 삼한시대에 이미 콩이 재배되었음을 나타내고 있다.

콩은 우리 식생활에 필수적인 요소로 된장, 간장, 두부, 콩나물 등 다양한 방식으로 즐겨먹는 먹거리이며(Kim, 2002), 식물성 단백질 공급원으로서 다양한 생리활성물질이 풍부해 노화방지, 암, 당뇨, 동맥경화, 만성 퇴행성질환 및 심혈관 질환 등 성인병 예방 효과와 시력증진, 두통치료까지 보고되고 있어(Ok et al., 2003; Han et al., 2008; Kim et al., 2008A; Kim et al., 2008B; Yi et al., 2009; Yun et al., 2006; Choung et al. 2006) 건강 기능성 식품으로 주목 받고 있다.

콩에는 기능성물질인 페놀성 화합물, 이소플라본, 사포닌 등 생리활성물질이 다양하게 존재하는데, 이들 중 페놀성 화합물에 속하는 안토시아닌은 적색, 자색, 청색을 나타내는

\*연락처:

Tel: +82-33-570-6491 Fax: +82-33-570-6499  
E-mail: cmg7004@kangwon.ac.kr

수용성 flavonoid계 색소로서 검정콩 종피에 안토시아닌이 다량 함유되어 있어 항암, 항산화, 항바이러스, 면역증강 등 다양한 생리활성 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2008B). 검정콩 종피에 함유된 안토시아닌으로 delphinidin-3-glucoside (D3G), cyanidin-3-glucoside (C3G), 및 petunidin-3-glucoside (Pt3G)가 주요 성분으로 존재하는데(Choung et al., 2001), 이들 검정콩에 함유된 안토시아닌의 함량은 재배년도(Joo et al., 2004A), 재배지역(Yi et al., 2009), 고도(Shin et al., 2009)에 따라 함량 변이가 있음이 보고된 바 있다. 또한 검정콩 1호를 비롯한 13개 품종 및 국내재배 검정콩 품종에서 안토시아닌 함량의 차이가 있었고(Joo et al., 2004A; Choung et al., 2008), 파종기 및 수확기가 늦을수록 안토시아닌 함량이 증가하였다(Joo et al., 2004B).

한편 콩에 함유된 이소플라본은 antiestrogen효과가 있고, 항산화, 항암작용, 골다공증, 심장병 등 다양한 생리적 활성기능이 있는 것으로 알려져 있어(Ok et al., 2008; Coward et al., 1993), 건강을 증진하는 현대인들의 식생활 개선에 중요한 역할을 하고 있다. 콩에 함유된 이소플라본은 daidzein, glycitein 및 genistein 유도체 형태로 존재하며(Kim and Kim, 1996), 이소플라본의 함량은 콩의 생육단계(Yi, et al., 1997), 질소시비수준(Lee, et al., 2006), 품종, 재배지역, 연차 및 온도(Kitamura et al., 1991; Tsukamoto et al., 1995) 등 재배 환경조건에 따라 함량에 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 또한 등숙기의 저온(Kitamura et al., 1991), 고도가 높을수록(Ok et al., 2008), 파종기가 늦을수록(Yun et al., 2006) 이소플라본 함량은 증가한다고 하였다.

검정콩은 검은깨, 흑미 등과 더불어 웰빙 식품으로서 기능성 물질의 함량이 높은 것으로 알려져 있다(Yi et al., 2009). 따라서 본 연구는 최근 “black food” 열풍이 일어나면서 건강 기능성 물질이 다량 함유된 검정콩의 수요가 증가하고 있으므로, 국내 육성 검정콩 품종을 대상으로 작물의 생육환경에 영향을 줄 수 있는 위도 차이의 관점에서 검정콩 함유 안토시아닌 및 이소플라본의 함량변이를 검토하여, 고품질 검정콩 생산의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 검정콩은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 검정콩 5 품종(검정콩 1호, 검정콩 3호, 검정콩 4호, 일품검정콩, 청자콩) 및 검정콩 2 계통(밀양 112호, 및 밀양 113호)를 이용하였으며, 위도 차이에 대한 처리로 경도 및 위도가 서로 다른 2개의 재배지로 구분하였다. 즉 밀양에 비하여 상대적으로 위도가 높은 수원(국립식량과학원 본원, 경도 126°59'E, 위도 37°16'N)은 고위도, 위도가 낮은 밀양

(국립식량과학원 기능성작물부, 경도 128°45'E, 위도 35°30'N)은 저위도로 구분하였다. 파종기는 수원에서는 2003년 5월 21일, 밀양에서는 2003년 6월 18일이었고, 재식거리는 국립식량과학원 표준재배법에 따라 단작지인 수원에서는 60 x 15 cm, 이모작지인 밀양에서는 60 x 10 cm 로 하였다. 성숙기간은 고위도인 수원 및 저위도인 밀양에서 품종 및 계통에 따라 파종 후 각각 130-138일 및 106-111일이었고, 수확 시기도 품종 및 계통마다 차이가 있으나 성숙기로부터 7~10일 사이에 수확하였다. 시비는 두 지역 모두 질소, 인산 및 칼리 4-7-6 kg/10a를 전량 기비로 사용하였으며, 콩나방 등 기타 해충방제를 위해 필요시 살충제를 살포하였고, 개화 전 증경배토를 1회 실시하였다. 수확된 콩 종실시료 및 종피는 고속 진동분쇄기(HEICO, LT1-100, Japan)로 미세입도로 분쇄한 후 1.0 mm 체로 선별하여 분석시료로 사용하였다.

### 안토시아닌 및 이소플라본의 함량분석

안토시아닌 함량 분석은 Choung et al.(2001)의 방법을 일부 변형하여 정량하였는데, 공시된 검정콩은 수확 후 40°C 조건에서 24시간 건조 후 수작업으로 종피를 벗긴 후 배 부분과 종피를 분리 선별하고, 배 부분이 완전히 제거된 종피만을 분쇄하여 분석시료로 사용하였다.

검정콩 종피 함유 안토시아닌의 추출은 검정콩 종피 0.1 g에 1%HCl-20%MeOH 용액 30 mL를 첨가한 후 상온(25°C) 조건에서 12시간 교반 추출하였으며, 추출 후 Whatman No. 2 여과지로 1차 여과를 수행하였고, HPLC 분석 직전 syringe filter(0.45 µm)로 2차 여과를 실시하고 HPLC분석에 사용하였다.

검정콩 종피 함유 안토시아닌 분석에 사용된 HPLC는 Agilent 1100 series (HP, USA)를 사용하였으며, column은 ODS-120T(250 x 4.6 mm, Tosoh, Japan) column을, 검출기는 diode array detector(DAD) supplies G1315B를 사용하였다. 이동상은 A용매로 5% formic acid-H<sub>2</sub>O를, B용매는 5% formic acid-acetonitrile을 사용한 농도구배 조건으로 용리 조건은 0분 : 90%A, 35분 : 60%A, 36분 : 90%A, 46분 : 90%A 조건으로 하였으며, 유속은 0.7 mL/min로 조절하였고, 검출파장은 520 nm, 컬럼 온도를 30°C로 제한하여 분석하였다. 시료의 주입은 HP 1100 auto sampler를 이용하여 20 µL를 주입한 후 peak area를 계산하여 안토시아닌 함량을 계산하였다. 안토시아닌 표준 검량선은 C3G, D3G 및 Pt3G의 표준물질을 농도별로(0.5 ng/mL ~ 1,000 ng/mL) 희석하여 HPLC에서 얻어진 표준용액의 peak area를 계산하여 검량식( $r^2=0.999$ )을 작성하였다.

Isolflavone 함량은 Choung et al.(2006)의 방법으로 정량하였는데, 콩 분쇄시료 1.0 g에 1N-HCl 10 mL를 첨가하고 105°C에서 180분 동안 가수분해하여 isolflavone의 배당체를 aglycone으로 전환하였고, 상온에서 완전히 냉각한 뒤

메탄올 15 mL를 첨가하고 3시간동안 교반 후 10,000 rpm에서 5분간 원심분리를 실시하였다. 원심분리 된 상정액은 다시 메탄올로 희석(상정액 1 mL + 메탄올 1 mL)하였고, syringe filter(0.45 µm)로 여과한 뒤 HPLC 분석을 실시하였다. HPLC는 Agilent 1100 series (HP, USA), column은 Merck사의 ODS 계열인 Lichrosper 100RP-18e cartridge column(125 × 4 mm, 5 µm)을 사용하였다. 이동상은 1 mM ammonium acetate를 함유한 증류수와 메탄올을 60 : 40의 비율로 혼합한 단용매 조건으로 35분간 용리하였으며, 유속은 1.0 mL/min로 조절하였고, 시료 주입량은 20 µL, 검출파장은 260 nm, 컬럼 온도를 25°C로 제한하여 분석하였다. 분석시료별 isoflavone 함량은 외부표준물질의 농도별(2.5~50 µg/mL) peak 면적을 기초로 한 검량식( $r^2=0.999$ )에 의해 계산하였다.

**안토시아닌 및 이소플라본의 함량분석 시약**

검정콩 종피 함유 안토시아닌의 추출에 사용된 용매로서 초순수 증류수는 초순수 제조기(Milli-Q system, USA)에서 비저항값이 18 MΩ 이상으로 제조된 증류수를 사용하였고, 메탄올은 국산 GR 등급을, 염산용액은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan)의 특급시약을 구입하여 사용하였으며, HPLC 이동상 용매로 사용된 acetonitrile (ACN) 및 formic acid는 Merck Inc. (USA)의 HPLC 등급을 구입하여 사용하였다.

실험에 사용된 안토시아닌의 표준물질로서 C3G, D3G 및 Pt3G는 Choung et al.(2001)이 분리한 순도 및 화학적 구조가 검증된 분리 표준품을 사용하였다.

**통계처리**

자료의 통계분석은 SAS프로그램(Ver. 8.2)을 이용하여 분석하였다.

**기상상황**

본 실험에 이용된 검정콩 품종의 재배시기인 2003년의 파종기에서 수확기까지의 전 생육기간동안, 즉 수원은 5월 21일부터 10월 10일, 밀양은 6월 18일부터 10월 11일까지의 기상상황을 분석하여보면 일평균기온, 일최저기온 및 일최고기온은 위도가 상대적으로 낮은 밀양이 위도가 상대적으로

높은 수원보다 각각 0.4°C, 0.1°C 및 1.1°C 수준 높은 양상을 나타내었고, 강우량은 위도가 높은 수원지역이 1,085.1 mm로 밀양의 1,046.0 mm보다 39.1 mm 많은 양상을 나타내었다. 일조시간은 위도가 낮은 밀양이 수원보다 약 100시간 정도 더 긴 양상을 나타내었다. 전 생육기간 중 적산온도는 파종기가 빨랐던 수원이 3,151.7°C, 밀양은 2,602.5°C로 수원이 549.5°C 더 높은 양상을 나타내었다(Table 1).

**결과 및 고찰**

**재배지 위도차이에 따른 검정콩 품종 및 계통의 안토시아닌 함량 변이**

안토시아닌 중 D3G, C3G 및 총 안토시아닌은 공시된 모든 검정콩 품종 및 계통과 위도가 서로 다른 재배지역간 통계적으로 유의한 상호작용이 있어 검정콩 품종 및 계통과 재배지역 사이에는 서로 영향을 미치고 있어 환경적인 효과에 따라 함량 차이가 많이 날 수 있음을 알 수 있고, Pt3G는 품종 및 계통과 재배지역간 상호작용이 인정되지 않아 두 요인의 효과가 독립적이어서 유전적인 요인에 의해 함량 차이가 날 수 있음을 알 수 있었다(Table 2).

검정콩 품종 및 계통간 D3G의 함량은 검정콩 3호와 일품 검정콩이 고위도인 수원 및 저위도인 밀양 두 지역 평균이 각각 3.00 mg/g, 2.83 mg/g로 가장 높은 양상을 나타내었고, 검정콩 1호와 밀양 112호는 두 지역에서 모두 검출되지 않았으며, 나머지 검정콩은 평균 2.22~2.44 mg/g 수준으로 품종간 D3G 함량 차이는 뚜렷하였다.

공시된 검정콩 중 검정콩 3호를 제외한 나머지 품종 및 계통에서는 재배지의 위도차이에 따른 D3G 함량이 통계적으로 유의한 차이가 인정되지 않았으나, 검정콩 3호에서는 고위도에서 저위도보다 0.37 mg/g 높은 양상으로 통계적 유의차가 인정되었다. 한편 고위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 D3G의 함량은 1.89 mg/g, 저위도에서 재배된 검정콩 전체 평균은 1.79 mg/g으로 통계적 유의차는 인정되지 않았으나, 산술적으로는 고위도에서 0.1 mg/g 높은 양상을 나타내었고, 검정콩의 전체 평균 D3G 함량은 1.84 mg/g이었다(Table 3).

또한 검정콩 품종 및 계통간 C3G 함량은 2개 지역 평균은 함량 차이가 뚜렷하여 밀양 113호가 14.05 mg/g으로 가

**Table 1. Daily mean, minimum, and maximum air temperature, rainfall, sunshine hours, and cumulative air temperature from planting to harvesting in 2003 in Suwon(high latitude) and Milyang(low latitude)**

Location (Duration)	Daily mean air temp. (°C)	Daily min. air temp. (°C)	Daily max. air temp. (°C)	Rainfall (mm)	Sunshine hours (hrs.)	Cumulative air temp. (°C)
Suwon(37°16'N) (May 21~Oct. 10)	22.0	18.4	26.3	1085.1	606.6	3151.7
Milyang(35°30'N) (June 18~Oct. 11)	22.4	18.5	27.4	1046.0	706.8	2602.5

Table 2. F value of anthocyanin in black soybeans according to different latitude

	Anthocyanin			
	D3G	C3G	Pt3G	Total
C <sup>a)</sup>	321.16**	43.16**	43.81**	77.79**
L <sup>b)</sup>	3.26ns	18.35**	0.00ns	15.63**
CxL	2.80*	3.58*	1.23ns	3.51*

<sup>a)</sup> : Seven cultivars and lines.

<sup>b)</sup> : Two locations.

\*, \*\* : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

Table 3. Contents of anthocyanin in black soybean cultivars and lines according to different latitude (mg/g)

Cultivar & line	Location	D3G	C3G	Pt3G	Total anthocyanins
Geomjeongkong 1	Suwon(37°16'N)	0.00 ns <sup>a)</sup>	5.89 ns	0.00 ns	5.89 ns
	Milyang(35°30'N)	0.00	5.89	0.00	5.89
	Mean	0.00 C <sup>b)</sup>	5.89 D	0.00 D	5.89 E
Geomjeongkong 3	Suwon(37°16'N)	3.19 a	14.50 a	0.87 ns	18.56 a
	Milyang(35°30'N)	2.82 b	10.12 b	0.68	13.62 b
	Mean	3.00 A	12.31 B	0.78 BC	16.09 B
Geomjeongkong 4	Suwon(37°16'N)	2.43 ns	11.11 ns	0.72 ns	14.27 ns
	Milyang(35°30'N)	2.45	10.35	1.03	13.84
	Mean	2.44 B	10.73 C	0.88 AB	14.05 C
Ilpumgeomjeongkong	Suwon(37°16'N)	3.06 ns	11.03 a	1.03 ns	15.12 a
	Milyang(35°30'N)	2.60	10.00 b	0.97	13.57 b
	Mean	2.83 A	10.51 C	1.00 A	14.34 C
Cheongjakong	Suwon(37°16'N)	2.27 ns	10.65 ns	0.66 ns	13.58 ns
	Milyang(35°30'N)	2.17	10.16	0.61	12.93
	Mean	2.22 B	10.40 C	0.63 C	13.26 C
Milyang 112	Suwon(37°16'N)	0.00 ns	10.54 ns	0.00 ns	10.54 ns
	Milyang(35°30'N)	0.00	9.40	0.00	9.40
	Mean	0.00 C	9.97 C	0.00 D	9.97 D
Milyang 113	Suwon(37°16'N)	2.28 ns	14.46 ns	1.08 ns	17.82 ns
	Milyang(35°30'N)	2.50	13.64	1.07	17.20
	Mean	2.39 B	14.05 A	1.07 A	17.51 A
Mean at Suwon		1.89 NS <sup>c)</sup>	11.17 α	0.62 NS	13.68 α
Mean at Milyang		1.79	9.94 β	0.62	12.35 β
Total average		1.84	10.55	0.62	13.02

<sup>a)</sup> Means within a column in cultivars by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test(DMRT).

<sup>b)</sup> Means of cultivars followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

<sup>c)</sup> Means of location followed by the roman letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

장 높았고, 검정콩 1호는 5.89 mg/g으로 가장 낮았으며, 나머지 품종 및 계통은 9.97~12.31 mg/g 수준이었다. 공시된 검정콩 중 검정콩 3호와 일품검정콩은 D3G와 마찬가지로 고위도에서 저위도보다 각각 약 4.4 mg/g 및 1.0 mg/g 높은 양상으로 통계적 유의차가 인정되었으며, 나머지 품종 및

계통에서는 재배지의 위도차이에 따른 함량 변이가 통계적으로 인정되지 않았다. 통계적 데이터에 관계없이 공시된 검정콩의 C3G 함량은 고위도에서 재배된 검정콩 3호가 14.50 mg/g 으로 가장 높은 양상을 나타내었고, 검정콩 1호가 두 지역에서 모두 5.89 mg/g 으로 가장 낮은 양상을 나타내었

다. 한편 고위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 C3G 함량은 11.17 mg/g으로 저위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 9.94 mg/g보다 1.23 mg/g 높은 양상으로 통계적 유의차가 인정되었고, 검정콩 품종의 전체 C3G 함량은 10.55 mg/g이었다.

검정콩 품종 및 계통간 Pt3G 함량의 두 지역 평균은 밀양 113호와 일품검정콩이 각각 1.07 mg/g 및 1.00 mg/g으로 가장 높았고, 검정콩 1호와 밀양 112호는 본 실험의 D3G와 마찬가지로 어느 지역에서도 검출되지 않았다. 공시된 검정콩 모두 Pt3G 함량은 위도차에 따른 통계적 유의차는 인정되지 않았다.

총 안토시아닌 함량은 검정콩 품종 및 계통간 두 지역 평균이 C3G와 마찬가지로 밀양 113호가 17.51 mg/g으로 가장 높았고, 검정콩 1호가 5.89 mg/g으로 가장 낮은 양상을 나타내었다. 공시된 검정콩 품종 및 계통 중 검정콩 3호와 일품검정콩은 본 실험의 C3G와 같은 경향으로 고위도에서 저위도보다 각각 약 5.0 mg/g 및 1.5mg/g 높은 양상으로 통계적 차이가 인정되었으며, 나머지 품종 및 계통에서는 위도차에 따른 함량 변이가 통계적으로 인정되지 않았다. 한편 고위도에서 재배된 검정콩의 평균 총 안토시아닌 함량은 13.68 mg/g으로 저위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 12.35 mg/g보다 약 1.3 mg/g 높았고, 통계적 유의차도 인정되었으며, 검정콩의 전체 총 안토시아닌 함량은 13.02 mg/g이었다. 총 안토시아닌 함량이 고위도에서 더 높은 양상을 나타낸 것은 총 안토시아닌의 구성비 중 D3G 및 Pt3G는 14.1% 및 4.8%로 총 안토시아닌 함량 중에서 차지하는 비율이 낮고, 위도차에 따른 재배지역간 함량차이도 각각 0.1 mg/g 및 0.0 mg/g 수준으로 작거나 차이가 없었으며, 통계적 유의차가 인정되지 않았다. 그러나 총 안토시아닌의 구성비 중 약 81.0%를 차지하는 C3G는 고위도에서 저위도보다 1.23 mg/g 더 높은 양상을 나타내었고, 그 함량 차이가 통계적으로도 유의한 수준이었으므로, 결국 위도차에 따른 C3G의 함량 변이가 총 안토시아닌 함량 차이에 기인하여 고위도에서 저위도보다 1.33 mg/g 더 높고, 통계적 유의차를 나타낸 것으로 평가된다. 따라서 두 지역간 재배지의 위도차 2°에 의해 재배환경 즉 온도, 강우, 일조 등이 달라지므로 이에 따라 총 안토시아닌 함량이 위도차이에 의해 차이가 날 수 있음을 알 수 있다.

본 실험에서 밀양 113호는 C3G, Pt3G 및 총 안토시아닌 함량이 다른 품종 및 계통보다 높아 고 안토시아닌 생산을 위한 계통으로 활용가능 하리라 판단되고, 검정콩 1호 및 밀양 112호는 종피 함유 안토시아닌이 C3G 한 종류만 존재하는 특이 계통으로 조사되었는데, 검정콩 1호는 타 품종 및 계통에 비해 안토시아닌 함량이 낮은 양상을 나타내었으나, 밀양 112호는 C3G 한 종류만 존재하지만, 안토시아닌 함량이 약 10 mg/g 수준으로 비교적 양호한 함유 양상을 나타내므로, 추후 검정콩 종피를 이용한 순수 C3G 생산용 검정콩 계

통 혹은 산업 및 식품 가공용 안토시아닌 생산의 원료로 활용성이 있을 것으로 판단된다.

Yi et al.(2009)은 검정콩 품종과 재배지역간에는 고도의 상호효과가 인정되어 D3G, C3G, Pt3G 및 총 anthocyanin 함량은 재배지역을 달리할 경우 품종의 반응이 다르다고 하였는데, 본 실험에서도 Pt3G를 제외한 D3G, C3G 및 총 안토시아닌은 품종과 재배지 위도 차이에 따라 상호작용이 인정되어 유사한 경향을 나타내었다. 또한, Joo et al.(2004B)과 Kim et al.(2008B)은 품종에 따라 D3G, C3G, Pt3G 및 총 안토시아닌 함량이 다르다고 하여 본 실험에서도 품종 간 안토시아닌 함량 변이는 뚜렷한 차이가 있어 일치하는 경향이였다.

Yi et al.(2009)은 재배지를 단순히 화성, 진주, 나주로 달리하여 재배지역간 안토시아닌 함량의 변이를 검토하였는데, Yi et al.(2009)의 결과를 위도 개념으로 구분하여 재해석해보면 고위도의 화성지역이 저위도의 진주 및 나주보다 D3G, C3G, Pt3G 및 총 안토시아닌 함량이 낮다고 하였는데, 본 실험에서 검정콩 3호의 D3G, C3G 및 총 안토시아닌 함량과, 일품검정콩의 C3G 및 총 안토시아닌 함량의 경우 고위도에서 더 높은 양상이며, 나머지 품종 및 계통은 통계적으로 유의차가 인정되지 않아 다소 다른 양상을 나타낼 수 있다. 이 결과는 Yi et al.(2009)의 실험에서는 지역에 따른 등숙기간 중 평균온도 22.6-25.2°C, 강수량 362-680 mm으로, 본 실험의 두 지역의 재배기간의 평균온도 22.0-22.4°C, 강수량 1046.0-1085.1 mm과는 재배환경 조건이 다르고, 공시품종도 달라 그 경향이 달랐을 것으로 판단된다. 검정콩 3호와 일품검정콩의 경우 공시된 다른 검정콩 품종 및 계통과는 달리 안토시아닌 함량이 재배지의 위도차이에 따라 함량변이가 발생하는 것으로 보아, 이들 품종은 재배지의 위도 및 지역차이에서 기인한 온도, 강우, 일조 및 미기상 환경 등 여러 가지 재배환경에 다소 민감하게 영향을 받는 것으로 판단된다.

### 재배지 위도차이에 따른 검정콩 품종 및 계통의 이소플라본 함량 변이

공시된 검정콩 품종 및 계통과 위도차이가 다른 재배지역간 이소플라본 함량의 상호작용 관계를 살펴보면 Table 4와 같다. 이소플라본의 daidzein, genistein, 및 총 이소플라본 함량은 품종 및 계통과 위도차이에 따라 고도로 유의한 상호작용이, glycitein의 경우 5% 수준에서 유의한 상호작용이 인정되어 품종 및 계통과 위도차이에 따른 재배지역과는 서로 영향을 미쳐 환경적인 효과에 따라 함량 차이가 발생할 수 있음을 알 수 있다(Table 4). Ok et al.(2008)은 이소플라본 함량은 품종과 재배지역간에 고도로 유의한 상호작용이 있다고 보고하여 본 실험과 일치한 결과를 보고한 바 있으나, Yi et al.(2009)은 이소플라본의 종류에 따라 품종과 지역간의 상호작용의 유무가 달랐고, 연차 간에도 달라 본 실험과 다소 경향이 일치하지 않았으며, 상호작용이 다르게 나타난

것은 같은 품종이라도 재배지역과 재배년도 즉 재배환경에 따라 이소플라본의 함량이 달라질 수 있음을 보고하였다.

검정콩 품종 및 계통 간 daidzein 함량을 Table 5에서 보면 검정콩 4호가 두 지역 평균 528.1 µg/g으로 가장 높은 양상을 나타내었고, 검정콩 1호가 184.3 µg/g으로 본 실험의 안토시아닌 함량에서처럼 가장 낮았으며, 그 외 검정콩은

244.6~325.1 µg/g 수준으로 품종 및 계통 간 daidzein 함량 차이는 뚜렷하였다. 재배지의 위도차이에 따른 daidzein의 차이를 보면 검정콩 3호, 밀양 112호 및 밀양 113호는 모두 고위도에서 저위도보다 높아 통계적 차이가 인정되었으나, 나머지 네 품종들은 통계적 유의차는 없었다. 한편 고위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 daidzein 함량은 316.4 µg/g

**Table 4. F value of isoflavone in black soybeans according to different latitude**

	Isoflavone			
	Daizein	Glycitein	Genistein	Total
C <sup>a)</sup>	110.18**	35.70**	94.62**	103.32**
L <sup>b)</sup>	6.18*	3.67ns	145.25**	13.13**
CxL	9.99**	3.65*	5.44**	6.55**

<sup>a)</sup> : Seven cultivars and lines.

<sup>b)</sup> : Two locations.

\*, \*\* : Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

**Table 5. Contents of isoflavones in black soybean cultivars and lines according to different latitude (µg/ g)**

Cultivar & line	Location	Daidzein	Glycitein	Genistein	Total isoflavones
Geomjeongkong 1	Suwon(37°16'N)	195.0 ns <sup>a)</sup>	50.4 ns	123.9 b	369.3 ns
	Milyang(35°30'N)	173.5	60.1	167.4 a	401.0
	Mean	184.3 E <sup>b)</sup>	55.2 B	145.6 D	385.1 D
Geomjeongkong 3	Suwon(37°16'N)	324.6 a	85.6 a	242.5 b	652.8 ns
	Milyang(35°30'N)	267.2 b	69.2 b	302.8 a	639.3
	Mean	295.9 BC	77.4 A	272.7 BC	646.1 B
Geomjeongkong 4	Suwon(37°16'N)	500.4 ns	89.6 a	367.1 b	957.1 b
	Milyang(35°30'N)	555.9	77.2 b	478.1 a	1111.2 a
	Mean	528.1 A	83.4 A	422.6 A	1034.1 A
Ilpumgeomjeongkong	Suwon(37°16'N)	269.6 ns	67.7 ns	244.5 b	581.8 ns
	Milyang(35°30'N)	297.8	54.1	332.0 a	683.9
	Mean	283.7 C	60.9 B	288.2 B	632.8 B
Cheongjakong	Suwon(37°16'N)	227.6 ns	39.9 ns	187.1 b	454.6 b
	Milyang(35°30'N)	261.7	44.4	320.9 a	627.0 a
	Mean	244.6 D	42.1 C	254.0 C	540.8 C
Milyang 112	Suwon(37°16'N)	306.9 a	67.5 ns	226.5 b	600.9 ns
	Milyang(35°30'N)	264.1 b	48.9	302.1 a	615.1
	Mean	285.5 C	58.2 B	264.3 BC	608.0 B
Milyang 113	Suwon(37°16'N)	390.5 a	16.7 b	246.6 ns	653.8 ns
	Milyang(35°30'N)	259.7 b	28.6 a	267.0	555.4
	Mean	325.1 B	22.6 D	256.8 C	604.6 B
Mean at Suwon		316.4 α <sup>c)</sup>	59.6 NS	234.0 β	610.0 β
Mean at Milyang		297.1 β	54.6	310.0 α	661.8 α
Total average		306.8	57.1	272.0	635.9

<sup>a)</sup> Means within a column in cultivars by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

<sup>b)</sup> Means of cultivars followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

<sup>c)</sup> Means of location followed by the roman letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

으로 저위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 297.1 µg/g보다 약 19 µg/g 높은 양상으로 통계적 유의차가 인정되었고, 검정콩의 전체 daidzein 함량은 306.8 µg/g이었다.

Glycitein 함량도 daidzein과 마찬가지로 검정콩 4호 및 검정콩 3호가 두 지역 평균이 각각 83.4 µg/g 및 77.4 µg/g으로 가장 높았고, 밀양 113호는 22.6 µg/g으로 가장 낮았으며, 품종 및 계통 간 glycitein 함량 차이는 뚜렷하였다. 위도차이에 따른 재배지역 간 함량 변이를 보면 검정콩 3호 및 검정콩 4호는 고위도에서, 밀양 113호는 저위도에서 더 높았고, 나머지 품종 및 계통에서는 위도차이에 따른 재배 지역간 통계적 유의차가 인정되지 않았다.

Genistein 함량도 두 지역 평균 함량이 본 실험의 daidzein 및 glycitein과 비슷한 경향으로 검정콩 4호가 422.6 µg/g으로 가장 높고, 검정콩 1호가 145.6 µg/g으로 가장 낮았으며, 나머지 품종은 254.0~288.2 µg/g 수준으로 품종 간 함량 차이가 뚜렷하였다. 재배지의 위도차이에 따른 함량변이를 보면 공시된 검정콩 중 밀양 113호는 위도차이에 따른 차이가 없었으나, 나머지 품종 및 계통에서는 위도가 다른 재배지 간에 조성비의 차이가 통계적으로 인정되어 저위도에서 고위도보다 43.5~133.8 µg/g 수준 높은 양상을 나타내었다. 또한 저위도에서 재배된 검정콩의 genistein 함량 전체 평균은 310.0 µg/g으로 고위도에서 재배된 검정콩 전체 평균 234.0 µg/g 보다 76.0 µg/g 더 높고, 통계적으로도 유의차가 인정되었다.

총 이소플라본 함량의 품종 및 계통간 두 지역 평균은 앞선 3종의 개별 이소플라본과 같은 경향으로 검정콩 4호가 1,034.1 µg/g으로 가장 높았고, 검정콩 1호가 385.1 µg/g로 가장 낮았다. 재배지의 위도차이에 따른 함량 차이를 보면 검정콩 4호 및 청자콩은 저위도에서 고위도보다 더 높았다. 통계적 데이터에 관계없이 공시된 검정콩 품종 및 계통의 총 이소플라본 함량은 저위도에서 재배된 검정콩 4호가 1,111.2 µg/g로 가장 높은 양상을 나타내었고, 가장 낮은 함량은 나타난 품종은 검정콩 1호로 고위도에서 369.3 µg/g으로, 저위도에서 재배된 검정콩 4호보다 741.9 µg/g 낮은 양상을 나타내었다.

위 결과에서 보면 검정콩 4호가 daidzein, glycitein, genistein 및 총 이소플라본 함량이 가장 높았고, 검정콩 1호는 glycitein을 제외하고는 모두 낮은 경향이었으며, 재배지 위도차에 따라서는 daidzein은 고위도에서, genistein과 총 이소플라본 함량은 저위도에서 더 높은 양상을 나타내었으며, 결국 총 이소플라본의 함량이 위도차이에 따른 재배지간 함량차이가 발생한 것은 평균 총 이소플라본 중 약 42.7%를 차지하는 genistein 함량이 저위도에서 특히 높게 나타나는 양상에 의한 것으로 평가된다. 반면 총 구성비 중 48.2% 수준을 차지하는 daidzein의 경우 고위도에서 재배될 경우 통계적으로 차이가 인정되는 수준에서 높은 양상을 나타내지만 위도차에 의한 함량변이가 genistein의 함량변이를 극복하지

못하므로 총 이소플라본 함량은 저위도에서 높은 것으로 조사되었다. 따라서 이소플라본 함량의 경우 재배지 위도차 2°에 의한 온도, 강우, 일조 등 재배환경의 차이가 이소플라본의 함량 변이에도 직접적으로 영향을 미침을 알 수 있다.

Yi et al.(2009)이 실시한 화성, 진주, 나주로 달리한 재배지역을 본 연구와 같이 위도개념으로 구분하여 해석해 보면 고위도의 화성에서 2004년에는 일품검정콩 및 청자콩이 저위도의 진주 및 나주보다 이소플라본 함량이 높았고, 2005년에는 저위도의 진주에서 더 높다고 하여 재배년도에 따라서도 경향이 다름을 보고한바 있고, 이소플라본은 품종(Kitamura et al., 1991), 파종기, 고도, 온도(Shin et al., 2009), 기후시대(Han et al., 2008) 등에 따라서 함량이 변한다고 하여 같은 품종이라도 재배지역 혹은 위도차이 등 환경요인의 변화에 의해서도 함량 변이가 다양하게 발생함을 추정할 수 있다.

**상관관계**

안토시아닌의 상관관계를 Table 6에 나타내었다. D3G, C3G, Pt3G 및 총 안토시아닌은 모두 상관계수가 0.678~0.953 범위로 고도로 유의한 정의 상관이 있어 Joo et al. (2004A, 2004B)의 결과와 일치하는 양상을 나타내었다.

이소플라본의 상관관계를 Table 7에서 보면 daidzein은 glycitein 및 총 이소플라본과 고도로 유의한 정의상관을 나타내었으나, glycitein은 genistein 및 총 이소플라본과 상관이 인정되지 않았다. 또한 총 이소플라본 함량과 genistein과는 고도로 유의한 정의 유의상관을 나타내었으나, 총 안토시아닌과는 상관이 인정되지 않았다. Yun et al.(2005)은 총 이소플라본 함량이 높으면 genistein 함량이 높은 경향이었

**Table 6. Simple correlation coefficients among the anthocyanins contents**

	C3G	Pt3G	Total anthocyanins
D3G	0.678**	0.929**	0.866**
C3G		0.725**	0.953**
Pt3G			0.883**

\*\* : Significant at the 1% level. (n=14, 5%=0.532, 1%=0.661)

**Table 7. Simple correlation coefficients among the isoflavones and total anthocyanins contents**

	Glycitein	Genistein	Total isoflavones
Daidzein	0.393ns	0.797**	0.955**
Glycitein		0.340ns	0.478ns
Genistein			0.930**
Total anthocyanins			0.418ns

\*\* : Significant at the 1% level.

ns : Not significant. (n=14, 5%=0.532, 1%=0.661)

고,  $R^2$ (결정계수)값이 0.85라고 보고하여 본 실험과 일치하는 결과를 나타내었다.

## 요 약

국내 육성 검정콩을 대상으로 고위도의 수원 (37°16'N)과 저위도의 밀양 (35°30'N)에서 단순 재배지역 차이의 관점이 아니라, 작물의 생육환경에 영향을 줄 수 있는 위도 차이의 관점에서 검정콩 함유 안토시아닌 및 이소플라본의 함량 변이를 검토한 결과 안토시아닌 중 D3G 함량은 검정콩 3호 및 일품검정콩이, C3G 함량은 밀양 113호가, Pt3G 함량은 밀양 113호 및 일품검정콩이, 총 안토시아닌 함량은 밀양 113호가 가장 높았다. 재배지 위도차이에 따른 안토시아닌 함량 변이에서는 검정콩 3호는 D3G, C3G, 및 총 안토시아닌 함량이, 일품검정콩은 C3G 및 총 안토시아닌 함량이 고위도에서 저위도보다 높은 양상을 나타내었다. 이소플라본 함량은 검정콩 4호가 가장 높았고, 재배지 위도차이에 따른 이소플라본 함량 중 daidzein은 검정콩 3호, 밀양 112, 및 밀양 113호가 고위도에서 저위도보다 높았으며, glycitein은 검정콩 3호, 4호가 고위도에서, 밀양 113호는 저위도에서 높았다. Genistein은 공시된 검정콩 중 밀양 113호를 제외한 대부분 품종 및 계통이, 총 이소플라본 함량은 검정콩 4호와 청자콩이 저위도에서 고위도보다 높았다. 그리고 Pt3G를 제외한 안토시아닌 및 이소플라본 함량은 위도에 따른 재배지역과 품종 및 계통 간 상호작용이 있어 품종 및 계통에 따라 위도별 재배환경이 영향을 미치는 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- Choung, M. G., Baek, I. Y., Kang, S. T., Han, W. Y., Shin, D. C., Moon, H. P., Kang, K. H., 2001. Isolation and determination of anthocyanins in seed coats of black soybean(*Glycine max*(L) Merr.), *J. Agric. Food. Chem.* 49, 5848-5851.
- Choung M. G., Hwang, Y. S., Lee, H. J., Choi, S. S., Lim, J. D., Kang, S. T., Han, W. Y., Baek, I. Y., Kim, H. K., 2008. Optimal extraction condition of anthocyanins in soybean (*Glycine max*) with black seed coats, *Korean J. Crop Sci.* 53(1), 110-117.
- Choung, M. G., Kang, S. T., Han, W. Y., Baek, I. Y., Kim, H. K., Shin, D. C., Kang, N. S., Hwang, Y. S., An, Y. N., Lim, J. D., Kim, K. S., Park, S. H., Kim, S. L., 2006. Variation of isoflavone contents in Korean soybean germplasm, *Korean J. Crop Sci.* 51(S), 146-151.
- Coward, L., Barnes, N. C., Setchell, K. D. R., Barnes, S., 1993. Genistein, daidzein, and their  $\beta$ -glucoside conjugates : Antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets, *J. Agric. Food Chem.* 41, 1961-1967.
- Han, W. Y., Park, K. Y., Choung, M. G., Kim, H. T., Ko, J. M., Baek, I. Y., Lee, C. Y., 2008. Growth characteristics and qualities of Korean soybean landraces, *Korean J. Crop Sci.* 53(S), 89-95.
- Joo, Y. H., Park, J. H., Choung, M. G., Yun, S. G., Chung, K. W., 2004A. Variation of contents and color difference of anthocyanin by different cultivation year in black soybean seed, *Korean J. Crop Sci.* 49(6), 507-511.
- Joo, Y. H., Park, J. H., Kim, Y. H., Choung, M. G., Chung, K. W., 2004B. Change in anthocyanin contents by cultivation and harvest time in black-seeded soybean, *Korean J. Crop Sci.* 49(6), 512-515.
- Kim, S. R., Kim, S. D., 1996. Studies on soybean isoflavones. I. Content and distribution of isoflavones in Korean soybean cultivars, *J. Agri. Sci.* 38, 155-165.
- Kim, S. Y., Ko, K. O., Lee, Y. S., Kim, H. S., Kim, Y. H., 2008A. Extraction efficiency and stability of antohocyanin pigments in black soybean seed coat, *Korean J. Crop Sci.* 53(S), 84-88.
- Kim, Y. H., 2002. Current achievement and perspectives of seed quality evaluation in soybean, *Korean J. Crop Sci.* 47(S), 95-106.
- Kim, Y. H., Kim, D. S., Woo, S. S., Kim, H. H., Lee, Y. S., Kim, H. S., Ko, K. O., Lee, S. K., 2008B. Antioxidant activity and cytotoxicity on human cancer cells of anthocyanin extracted from black soybean, *Korean J. Crop Sci.* 53(4), 407-412.
- Kitamura, K., Ijita, K., Kikuchi, A., Kudou, S., Okubo, K., 1991. Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so-called "summer-type soybeans" (*Glycine max*(L) Merrill), *Japan J. Breed.* 41, 651-654.
- Lee, M. J., Park, J. C., Oh, Y. J., Kim, K. H., Kim, H. S., Lee, S. B., Kim, J. C., 2006. Effect of nitrogen fertilization levels on growth and isoflavone content in soybean, *Korean J. Crop Sci.* 51(5), 445-450.
- Ok, H. C., Yoon, Y. H., Jeong, J. C., Hur, O. S., Lee, C. W., Kim, C. G., Cho, H. M., 2008. Yield and isoflavone contents of soybean cultivar in highland area, *Korean J. Crop Sci.* 53(1), 102-109.
- Shin, S. O., Shin, S. H., Ha, T. J., Lim, S. G., Choi, K. J., Baek, I. Y., Lee, S. C., Park, K. Y., 2009. Soybean



- ecological response and seed quality according to altitude and seeding dates, *Korean J. Crop Sci.* 54(2), 143-158.
- Tsukamoto, C., Shimata, S., Igita, K., Kukdou, S., Kokubun, M., Okubo, K., Kitamura, K., 1995. Factors affecting isoflavone content in soybean seeds; Change in isoflavone, saponin, and composition of fatty acids at different temperature during seed development, *J. of agricultural and food chemistry* 43(5), 1184-1192.
- Yi, E. S., Yi, Y. S., Yoon, S. T., Lee, H. G., 2009. Variation in antioxidant componets of black soybean as affected by variety and cultivation region, *Korean J. Crop Sci.* 54(1), 80-87.
- Yi, M. A., Kwon, T. W., Kim, J. S., 1997. Changes in isoflavone contents during maturation of soybean seed, *J. Food Sci.* 2(3), 255-258.
- Yun, H. T., Kim, W. H., Lee, Y. H., Suh, S. J., Kim, S. J., 2006. Isoflavone contents of soybean according to different planting dates, *Korean J. Crop Sci.* 51(S), 174-178.
- Yun, H. T., Seo, M. J., Kim, S. L., An, S. O., Kim, S. J., 2005. Variation of seed component contents in wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.), *Korean J. Crop Sci.* 50(S), 108-111.