

재배지역에 따른 검정콩 항산화 성분의 함량변이

이은섭*[†] · 이용선* · 윤성탁** · 이혁근***

*경기도농업기술원, **단국대학교 생명자원과학대학, ***건국대학교 일반대학원

Variation in Antioxidant Components of Black Soybean as Affected by Variety and Cultivation Region

Eun-Seob Yi*[†], Yong-Seon Yi*, Seong Tak Yoon**, and Hyuk Geun Lee***

*Gyeonggido Agricultural Research and Extension services, Hwaseong 442-781, Korea

**College of Bio-Resources Science, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

***Graduate School, Kunkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT Aiming at development of region specialized crop, this study was conducted to clarify variety and cultivation region dependent on antioxidative compounds in black soybean seeds. For this purpose two black soybean varieties (Ilpumgeomjeongkong and Cheongjakong) were cultivated in 3 different regions (Hwaseong in Gyeonggido, Naju in Jeollanamdo and Jinju in Gyeongsangnamdo) in 2004 and 2005, and harvested seeds were used for isoflavone, anthocyanin and tocopherol contents along with electron donating ability-based antioxidative activities measurements. 100 grain weight between two varieties were not significantly different, but Hwaseong district showed higher 100 grain weight compared to Jinju and Naju. Ilpumgeomjeongkong was higher total isoflavone content (1,064.9 $\mu\text{g/g}$) compared to Cheongjakong (801.3 $\mu\text{g/g}$) in 2004, whereas Cheongjakong showed higher in 2005 compared to Ilpumgeomjeongkong. The highest isoflavone content was obtained in Hwaseong district in 2004, whereas it is the reverse in 2005 that Jinju district showed the highest isoflavone content. In total anthocyanin content, Ilpumgeomjeongkong (7.22 mg/g) was higher than that of Cheongjakong (6.83 mg/g), and Jinju district showed the highest total anthocyanin content (9.16 mg/g) compared to Naju and Hwaseong cultivating districts in their three cultivating districts. Total tocopherol content showed no significant difference between two varieties, but Hwaseong (217.2 $\mu\text{g/g}$) and Jinju (216.3 $\mu\text{g/g}$) districts showed higher content compared to Naju (189.7 $\mu\text{g/g}$) among three cultivating districts. In tocopherol content ratio, γ -tocopherol was the highest from 56.2% to 59.9%. In electron donating ability (EDA) between two cultivars, Ilpumgeomjeongkong was

significantly higher than Cheongjakong, and Naju was the highest of 55.6% among three cultivating districts.

Keywords : antioxidant component, anthocyanin, black soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], cultivation region, isoflavone, tocopherol

국민소득 증가와 더불어 식생활 문화가 서구화됨에 따른 비만, 당뇨병, 고혈압 등 순환계 질환이 급증하면서 기능성 성분을 다량 함유한 콩 관련제품에 대한 인식이 새로워지고 있다. 특히, 1999년 12월에 미국 FDA에서 Health claim을 발표한 이후 전 세계적으로 콩 소비가 급등하는 계기가 되었다(과학기술정보통신서비스, 2002). 검정콩은 장류콩과 달리 항산화 활성이 높은 anthocyanin을 함유하고 있고, 용도도 장류콩보다 더 다양하다. 최근 국제 곡물 제고율 하락, 중국과 인도 등 신흥공업국의 곡물소비 증가, 바이오연료용 곡물 수요증가, 국제 유가 상승에 따른 곡물 생산 및 수송비용 증가 및 투자자본의 유입 등으로 국제 곡물가격의 지속적 상승이 예측되고 있다.

콩의 생리활성물질로는 isoflavone(Kim *et al.*, 1999, Kim, 2003), saponin(Kim, 2003), phenol 화합물(Pratt, *et al.*, 1982), tocopherol(Kim *et al.*, 2005), anthocyanin(Oh, 2001; Tsuta *et al.*, 1996) 등이 알려져 있다. 콩의 isoflavone은 항암효과와 antiestrogen효과가 있어서 건강을 중시하는 현대인들의 식생활 개선에 중요한 역할을 하고 있다. 특히, 검정콩은 검은깨, 흑미 등과 더불어 건강 기능성 물질의 함량이 높은 것으로 알려져 왔다. 그간 콩의 기능성에 대한 국내외의 연구 결과를 종합하면, 국내에서는 콩의 isoflavone 함량은 품종,

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-229-6101
(E-mail) yies07@gg.go.kr <Received September 12, 2008>

재배연도 및 재배지역에 따른 차이가 있으며(Kim *et al.*, 1999), 종피색(Lee *et al.*, 1993)에 따라 변이를 보인다고 하였다. 일본에서도 재배년도(Wang & Murphy, 1994), 재배지역(Wang & Murphy, 1994), 품종(Morris *et al.*, 1991; Kitamura *et al.*, 1991; Eldridge & Kwolek, 1983)에 따른 성분변이 연구가 수행되었고, Tsukamoto *et al.*(1995)은 콩 isoflavone 함량과 등숙기간 중의 기상조건과의 관계를 밝힌 바 있다. 그러나 이러한 연구결과는 대부분 장류콩을 대상으로 수행되었으며 검정콩에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 한편 검정콩의 생리활성물질 중 anthocyanin에 대한 연구는 다수 보고되었는데, anthocyanin 함량은 파종시기, 재배연도, 재배지역 및 품종에 영향을 받는다고 하였다(Kim *et al.*, 2005; Jung *et al.*, 1996; Park, 2003). 그러나 tocopherol 및 황산화활성 등에 대한 재배기술이나 재배환경과 관련된 연구보고는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생리활성성분 함량이 높은 콩을 지역특화작목으로 육성하기 위한 기초자료를 확보하고자 국내에서 육성된 일품검정콩과 청자콩을 대상으로 하여 경기 화성, 전남 나주, 경남 진주 지역에서 생산된 검정콩을 소재로 하여 주요 생리활성물질인 isoflavone, anthocyanin, tocopherol 및 황산화활성을 검토한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

밥밀콩 중 검정콩의 지역별 주요 품질변이를 구명하고자 경기 화성과 남부지역 주산지인 경남 진주, 전남 나주에서 2004-2005년에 걸쳐 수행하였다. 품종은 중생종(성숙군 V)인 일품검정콩과 청자콩을 단작지역인 경기화성에서는 5월 15일에, 2모작 지역인 경남 진주, 전남 나주에서는 6월 15일에 파종하였고, 지역별 표준재배법에 준하여 재배하였다. 품질분석은 채취된 종실을 수확 즉시 40°C 열풍건조기에서 3일간 건조, 분쇄한 후 -80°C 초저온 냉동고에 보관하며 분석시료로 이용하였다. 시험구배치는 2품종, 3개 재배지역을 대상으로 하여 이원적 난괴법 3반복으로 하였다. 등숙기간 중의 기상환경 조사는 화성은 경기도농업기술원에 운영하는 자동기상관측된 테이타를, 진주와 나주는 농촌진흥청에서 제공하는 농업기상자료를 활용하여 평균기온, 유효적산 온도, 일교차, 일조시간, 강우량을 분석하였다. 100립중은 수확기(R₈)에 수확하여 충분히 풍건하여 이병립과 파쇄립을 제거한 후 정상립만으로 3회 평량하여 평균값을 이용하였다. 종피와 자엽의 색도는 색도색차계(Minolta. Co., Model: J-555)를 이용하여 종피와 종피를 제거한 자엽의 색도를 3회 측정된 값의 평균값을 이용하였다. 통계분석은 SAS 8.01

로 하였다.

총 isoflavone 함량

총 isoflavone 함량은 시료 1 g에 1 N-HCl 15 ml를 넣고 시료건조기(105°C, 3시간)에서 가수분해한 후 30분 동안 실온에 방치하였다. MeOH 15 ml를 넣은 후 1시간 추출 후 Advantec NO. 2 여과지를 이용하여 감압 여과하고 0.2 µm PTFE syringe filter로 여과하여 isoflavone 분석 시험용액으로 사용하였다. Glycitein, daidzein, genistein의 표준물질을 Sigma(USA)로부터 구입한 표준품에 대해 농도구배로 검량선을 구하였다. Isoflavone aglycone 검량선 회귀식은 Glycitein $y = 47.488X + 8.67$ ($r^2 = 0.9945$), daidzein $y = 57.356X - 6.70$ ($r^2 = 0.9992$), genistein $y = 75.775X + 100.08$ ($r^2 = 0.9996$) 이었다.

Anthocyanin 함량

Anthocyanin 함량은 콩 종피 0.1 g에 1% HCl-99% MeOH 용액 5 ml를 넣어 4°C에서 24시간씩 3회 추출한 후 Advantec NO. 2 여과지를 이용하여 감압 여과하고 추출용매로 25 ml 정용하였다. 여과한 추출용액은 syringe filter(whatman 0.2 µm NYL)를 이용 여과 후 분석 시험용액으로 사용하였다. Dephinidin3-O-β-glucoside, Cyanidin3-O-β-glucoside, Petunidin3-O-β-glucoside 등의 표준물질은 Polyphenols(Norway)에서 구입한 표준품에 대해 농도구배로 검량선을 구하였다. 개별 anthocyanin 검량선 회귀식은 Dephinidin3-O-β-glucoside $y = 42.435X + 18.65$ ($r^2 = 0.9989$), Cyanidin 3-O-β-glucoside $y = 60.360X - 83.20$ ($r^2 = 0.9993$), Petunidin3-O-β-glucoside $y = 47.206X + 68.82$ ($r^2 = 0.9994$) 이었다.

Tocopherol 함량

Tocopherol 함량은 시료 1 g에 ascorbic acid 0.2 g, EtOH 10 ml를 넣고 80°C 항온수조에 10분간 정치하였다. 80% KOH용액 0.3 ml를 가한 다음 10분간 saponification 후 냉각시켜 증류수 10 ml와 Hexane 10 ml를 넣고 교반 후 원심 분리(3000 g, 10분)하였다. 상층액만 뽑아 분액여두에 3회 반복하여 모은 후, Hexane층에 증류수 20 ml 넣어 흔든 후 층 분리가 일어나면 물 층을 3회 반복하여 제거하였다. Hexane 층을 무수황산나트륨을 담은 여과지에 통과시킨 후 감압 농축하였다. 1 ml의 isoctane에 농축된 시료를 녹이고 syringe filter(whatman 0.2 µm NYL)로 여과 후 분석하였다. Tocopherol(α , β , γ , δ)의 표준물질은 Sigma(USA)로부터 구입한 표준품에 대해 농도구배로 검량선을 구하였다. 개별 tocopherol 검량 회귀식은 α -tocopherol $y = 48.879X - 1056.20$ (r^2

= 0.9989), β -tocopherol $y = 47.19X - 385.12$ ($r^2 = 0.9987$), γ -tocopherol $y = 59.105X - 490.52$ ($r^2 = 0.9988$), δ -tocopherol $y = 64.988X - 438.67$ ($r^2 = 0.9991$)이었다.

이상의 isoflavone, anthocyanin, tocopherol 함량 분석조건은 Table 1과 같다.

항산화 활성측정

항산화 활성측정은 종피를 포함하여 분쇄한 콩 시료 1 g에 5 ml MeOH을 넣은 후 35°C water bath에서 24시간 추출하고 Advantec No. 2 여과지를 이용하여 여과한 후 무게를 알고 있는 수기에 감압여과 하였다. 농축물의 무게를 측정 한 후 3 ml의 MeOH로 녹인 것을 측정시료로 사용하였다. 200배 희석한 측정시료 0.4 ml와 4×10^{-4} M의 DPPH 용

액 5.6 ml를 혼합하여 암실에서 10분간 방치한 후 UV-VIS spectrophotometer(517 nm)를 이용하여 흡광도를 측정하고 전자공여능(Electronic Donating Ability: EDA)은 EDA(%) = $[1 - (\text{시료첨가구의 흡광도 값} / \text{무첨가구의 흡광도 값}) \times 100]$ 계산식을 이용 산출하였다.

결과 및 고찰

등숙기간 중 기상조건

지역별 2년간 등숙기간의 기상환경을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

등숙기간 중 평균기온은 품종 간에는 일품검정콩은 화성에서 25.3°C로 가장 높았고, 나주, 진주 순이었고, 청자콩도

Table 1. HPLC conditions for isoflavone, anthocyanin and tocopherol analysis in black soybean seed.

Parameter	Condition		
	Isoflavone	Anthocyanin	Tocopherol
Instrument	Agilent 1100	Agilent 1100	Sykam (germany)
Wavelength UV detector	254 nm	520 nm	290 nm
Mobile phase	CH ₃ CN [†] : water = 35 : 65 (0.1% Acetic acid)	D.W. : MeOH : formic acid = 75 : 20 : 5	isooctane : EtOAc : acetic acid : DMP [‡] = 98.5 : 0.7 : 0.7 : 0.1
Flow rate	1.0 ml/min	0.85 ml/min	1 ml/min
Sample Injection volume	20 μ l	20 μ l	20 μ l
Oven Temperature	35°C	35°C	room temp.
Column	Xterra RP ¹⁸ 4.6 \times 250 mm, 5 μ m	Atlantis TM dc18 (4.6 \times 150 mm, 3 μ m)	Zobax silica (4.6 \times 250 mm, 5 μ m)

[†]CH₃CN: acetonitril, [‡]2,2-dimethoxypropan.

Table 2. Agricultural weather condition during the maturity period of Ilpumgeomjeongkong and Cheongjakong in three cultivating districts.

Cultivar	Region	Year	Mean temp. (°C)	Accu. temp. (°C)	Diurnal range (°C)	Sunshine time (hr/day)	Precipitation (mm)
Ilpumgeomjeongkong	Hwaseong	2004	25.2	1,688	9.8	5.6	362
		2005	25.0	1,948	8.0	4.2	680
	Jinju	2004	22.6	1,443	10.2	5.9	377
		2005	23.4	1,799	9.9	8.1	360
	Naju	2004	24.4	1,534	10.9	4.4	498
		2005	24.5	1,957	10.5	3.6	336
Cheongjakong	Hwaseong	2004	23.2	1,927	10.6	6.0	365
		2005	24.8	1,960	8.1	4.2	676
	Jinju	2004	21.3	1,619	10.6	6.1	457
		2005	23.2	1,783	10.4	8.2	331
	Naju	2004	22.5	1,690	10.7	4.5	568
		2005	23.6	1,957	10.5	3.6	336

같은 경향을 보였다. 연차 간에는 2004보다 2005년이 다소 높게 경과되었다. 이러한 양상은 적산온도에서도 평균기온과 같은 양상이었다. 일교차는 일품검정콩과 청자콩 모두 2004년과 2005년에 화성보다 진주와 나주에서 높았다. 평균 일조시간은 일품검정콩과 청자콩 모두 2004년과 2005년에 화성보다 진주에서 길었으나, 나주에서 짧았다. 강수량은 시험품종 모두 2004년에 화성보다 진주나 나주에서 많았으나, 2005년에는 화성보다 진주나 나주에서 적었다.

품종별 재배지역에 따른 백립중

재배지역별 100립중을 조사하여 분석한 결과는 Table 3, 4와 같다.

품종간 100립중은 2004년과 2005년 모두 차이가 없었다. 재배지역 간에는 2004년과 2005년 모두 두 시험품종에서 뚜렷한 차이를 보였는데, 2004년에는 화성지역에서 가장 무거웠고, 2005년에는 나주지역에 비하여 화성과 진주지역에서 무거웠다. 일품검정콩은 2004년에는 화성에서 가장 무거웠고, 2005년에는 화성에 비하여 진주와 나주지역에서 무거웠으며, 청자콩은 2004년에는 진주지역에 비하여 화성

과 나주지역에서 무거웠고, 2005년에는 화성지역에 비하여 진주와 나주지역에서 무거웠다. 품종과 지역간의 상호작용은 2004년에는 인정되었으나, 2005년도에는 인정되지 않았다. 이와 같이 연차 간에 상호효과가 다르게 나타난 것은 같은 품종이라고 해도 재배지역과 재배년도에 따라 차이를 보일 수 있음을 암시하는 것이다.

Isoflavone 함량

일품검정콩과 청자콩을 대상으로 화성, 나주 및 진주에서 재배된 콩의 isoflavone 함량을 정량분석한 결과는 Table 5, 6과 같다.

총 isoflavone 함량은 품종간에는 일품검정콩이 청자콩보다 2004년에는 1,064.9 µg/g으로 청자콩 801.3 µg/g보다 높았으나, 2005년에는 오히려 청자콩이 959.0 µg/g으로 일품검정콩의 851.4 µg/g보다 107.6 µg/g 높았다. 재배지역간에는 2004년에는 화성에서 진주나 나주보다 두 시험 품종 모두 높았으나, 2005년에는 진주에서 화성이나 나주보다 높았다. Isoflavone aglycone함량은 품종간에는 2004년에는 glycitein, diadzein 및 genistein 모두 일품검정콩이 청자콩

Table 3. 100-seed weight of two black soybeans in three different cultivating districts.

Cultivar	Region	100-seed weight (g)	
		2004	2005
Ilpumgeomjeongkong	Hwaseong	35.3a [†]	27.6b
	Jinju	31.2b	31.6a
	Naju	26.4c	32.2a
Means		31.0a	30.6a
Cheongjakong	Hwaseong	32.4a	28.2b
	Jinju	30.3b	29.6a
	Naju	31.4a	31.7a
Means		31.3a	29.8a
Hwaseong		33.8a	31.9a
Jinju		30.7b	30.8a
Naju		28.9c	27.9b

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5%.

Table 4. Analysis of variance in 100-seed weight of two black soybeans in three different cultivating districts.

	100-seed weight (g)	
	2004	2005
Cultivar	ns	ns [†]
Region	**	**
Cultivar × region	**	ns

*, **Significant at 0.05 and 0.01 Probability levels [†]ns: not significant.

Table 5. Isoflavone content of two black soybeans cultivated at three different cultivating region.

Cultivar (A)	Region (B)	Aglycon isoflavone						Total isoflavone ($\mu\text{g/g}$)	
		glycitein		didzein		genistein		2004	2005
		04	05	04	05	04	05		
Ilpumgeomjeongkong	Hwaseong	136.8a [†]	92.2a	650.6a	281.1c	796.8a	350.6c	1,584.2a	647.6c
	Jinju	112.3b	94.1a	274.4b	452.3a	382.3c	621.9a	769.6c	1,142.9a
	Naju	110.7b	69.6b	268.6b	414.2b	462.2b	501.0b	841.5b	763.8b
Means		119.9a	85.3a	397.9a	360.5a	547.1a	428.5b	1,064.9a	851.4b
Cheongjakong	Hwaseong	81.4ab	61.6b	418.4a	270.5c	690.4a	315.5b	1,190.2a	724.0c
	Jinju	86.6a	82.6a	257.9b	452.2a	310.1b	608.1a	654.6b	1,168.3a
	Naju	59.1c	42.9c	177.0c	358.8b	323.2b	362.0b	559.3c	984.8b
Means		75.7b	62.4b	284.5b	382.6a	441.2b	491.2a	801.3b	959.0a
Hwaseong		109.1a	76.9b	534.5a	275.8c	743.6a	333.1c	1387.2a	685.8c
Jinju		99.4ab	88.4a	266.2b	452.3a	346.2b	615.0a	711.8b	1,155.6a
Naju		84.9a	56.3c	222.8c	386.5b	392.7b	431.5b	700.4c	874.3b

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5%.

Table 6. Analysis of variance in isoflavone content of two black soybeans cultivated at three different cultivating region.

Cultivar (A)	Region (B)	Aglycon isoflavone						Total isoflavone ($\mu\text{g/g}$)	
		glycitein		didzein		genistein		2004	2005
		04	05	04	05	04	05		
Cultivar		**	**	**	**	**	**	**	**
Region		*	**	**	**	**	**	**	**
Cultivar \times region		ns [‡]	ns	**	ns	ns	*	*	*

*, **Significant at 0.05 and 0.01 Probability levels, [‡]ns: not significant.

보다 높았으나, 2005년에는 glycitein은 일품검정콩이 청자콩보다 높았으나, genistein은 청자콩이 일품검정콩보다 높았고 diadzein은 두 품종간에 차이를 보이지 않았다. 재배지역간에는 총 isoflavone 함량은 2004년에는 일품검정콩과 청자콩 모두 화성에서, 2005년에는 진주에서 가장 높았다. Isoflavone aglycone 함량은 2004년과 2005년 모두 총 isoflavone 함량과 같은 경향을 보였다.

등숙기간 중의 isoflavone aglycone 함량, 총 isoflavone 함량과 연차간 등숙기간 중 기상조건과의 관계를 분석한 결과, 2004년과 2005년 3지역의 기상조건을 Table 1에서 제시한 바와 같이 isoflavone 함량은 화성에서는 2004년보다 2005년에 일교차는 낮았고 일조시간은 짧았으며, 강우량은 거의 2배 정도 많았던 2005년에는 2004년에 비하여 약 45% 수준으로 낮아지고, 반면 진주는 2004년보다 평균기온은 높고, 일교차는 낮았고, 일조시간은 길었으며 강수량은 다소 적었던 2005년에는 2004년에 비하여 52% 증가된 것으

로 분석되었다. 이는 청자콩에서도 같은 결과를 보였다.

이러한 결과는 Tsukamoto *et al.*(1995)이 isoflavone 함량은 등숙기간의 평균기온이 낮은 지역에서 높다고 하였고, Kitamura *et al.*(1991)은 등숙기간($R_5 \sim R_7$)중 저온인 조건에서 함량이 높았다고 보고하였고, Yi(2005)는 isoflavone 축적이 활발한 시기는 일품검정콩의 경우 개화 후 40일 ~ 61일, 흑청콩은 개화 후 55일~77일로 약 20일이라고 하였으며, $R_6 \sim R_8$ 의 평균기온은 일품검정콩은 22.7~20.8°C, 흑청콩은 19.3~16.6°C 이었다고 하였는데, 본 연구에서도 같은 경향을 보였다. 또한 Wang & Murphy(1994)는 미국 및 일본 콩의 isoflavone 함량은 1989~1991 3년간 연차간 변이가 1,176~3,309 $\mu\text{g/g}$ 의 변이를 보였다고 하였으며, 지역간 변이는 1991년에 3개 지역에서 isoflavone 1,176~1,749 $\mu\text{g/g}$ 으로 재배지역 변이보다 연차 변이가 컸다고 하였다. 본 연구에서는 일품검정콩은 일치하는 경향을 보였으나, 청자콩에서는 상이한 경향을 보여 품종 간에 반응이 달랐음을 알

수 있었다.

Anthocyanin, tocopherol 함량 및 항산화활성

지역별로 일품검정콩, 청자콩을 공시하여 anthocyanin과 tocopherol 함량 및 항산화활성을 분석한 결과는 Table 7, 8 과 같다.

총 anthocyanin 함량은 품종 간에는 일품검정콩이 7.22 mg/g으로 청자콩의 6.83 mg/g에 비해 높았다. 재배지역 간에는 일품검정콩과 청자콩 모두 지역 간에 뚜렷한 차이를 보였다. 평균 anthocyanin 함량은 3개 지역 모두 통계적으로 차이가 있었으며, 진주지역이 9.16 mg/g으로 가장 많았다. D3G, C3G 및 Pt3G의 함량은 총 anthocyanin 함량과 같은 경향을 보였다. 그리고 품종과 재배지역간에는 고도의 상호효과가 인정되어 D3G, C3G, Pt3G 및 총 anthocyanin 함량은 재배지역을 달리할 경우 품종의 반응이 다른 것으로 나타났다.

이러한 연구결과는 일본에서 수집한 검정콩의 anthocyanin

함량은 15.3~20.4 mg/g 보다 매우 낮았다고 한 이 등(2004)의 보고와 국내에서 육성된 품종을 대상으로 2001~2002년에 anthocyanin 함량을 분석한 결과, 일품검정콩은 2.09~10.69 mg/g이었다고 한 Joo *et al.*(2004)의 보고와 유사한 경향이였다. 또한 검정콩 종피 내의 anthocyanin 함량은 품종(Park, 2003; 이 등, 2004; Yosida *et al.*, 1996), 파종시기(Park, 2003; Joo *et al.*, 2004)와 재배지역(Kim *et al.*, 1999) 등에 의해 영향을 받는다고 하였으며, Kim *et al.*(1999)은 2001~2002년 일품검정콩 등 6품종을 공시하여 청주 등 4지역에서 적파, 만파하여 종피 anthocyanin 함량 변이를 조사한 결과, 개화기에서 성숙기까지 평균온도와 anthocyanin 함량과는 고도의 부의 상관관계($r = -0.5896^{**}$)를 보였다는 보고와 같은 경향이였다. 이외에도 Table 1에서 보는바와 같이 평균기온이 낮고, 일조시간이 길며, 강수량이 적었던 진주에서 anthocyanin 함량이 높았던 것으로 고찰되었다. 총 tocopherol 함량은 품종 간에는 차이는 없었으나, 재배지역간에는 화성이나 진주가 나주지역보다 뚜렷하게 높았다.

Table 7. Content of tocopherol and anthocyanin and EDA of two black soybeans in three cultivating districts.

Cultivar	Region	Anthocyanin (mg/g)				Tocopherol (µg/g)					EDA (%)
		D3G	C3G	Pt3G	Total	α-	β-	γ-	δ-	Total	
Ilpumgeomjeongkong	Hwaseong	1.44c [†]	2.30c	1.03c	4.77c	29.2a	4.8b	135.0a	51.0a	220.0a	54.5b
	Jinju	1.95a	7.33a	1.26a	10.54a	25.2b	5.0b	133.4a	51.8a	215.4a	55.2b
	Naju	1.73b	3.46b	1.18b	6.37b	24.6b	5.7a	108.5b	46.5b	185.4b	58.2a
Means		1.83a	3.87b	1.12b	7.22a	26.4a	5.2a	125.6a	49.8b	208.6a	56.0a
Cheongjakong	Hwaseong	1.76b	4.03b	1.06b	6.85b	23.2a	4.3c	132.9a	54.0b	214.4a	44.6b
	Jinju	2.25a	4.35a	1.17a	7.78a	23.4a	4.8b	127.7b	61.3a	217.2a	34.5c
	Naju	1.50c	3.22c	1.13b	5.85c	23.2a	5.3a	108.4c	53.9b	191.4b	53.0a
Means		1.70b	4.36a	1.16a	6.83b	23.3b	4.8b	123.6a	56.9a	206.9a	44.0b
	Hwaseong	1.60b	3.17b	1.04c	5.81c	26.3a	4.6c	133.9a	52.5b	217.2a	49.6b
	Jinju	2.10a	5.84a	1.22a	9.16a	24.3a	4.9b	130.6a	56.6a	216.3a	44.9c
	Naju	1.61b	3.34b	1.16b	6.11b	24.0a	5.5a	109.4b	50.9b	189.7b	55.6a

[†]Means with the same letter are not significantly different at 5%

Table 8. Analysis of variance in content of tocopherol and anthocyanin and EDA of two black soybeans in three cultivating districts.

Cultivar	Region	Anthocyanin (mg/g)				Tocopherol (µg/g)					EDA (%)
		D3G	C3G	Pt3G	Total	α-	β-	γ-	δ-	Total	
Cultivar		**	**	**	**	*	**	ns	**	ns [†]	**
Region		**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**
Cultivar × Region		**	**	**	**	ns	ns	ns	ns	*	**

*, **Significant at 0.05 and 0.01 Probability levels, [†]ns: not significant.

품종간 지역간 함량도 일품검정콩과 청자콩 모두 화성과 진주지역이 나주보다 유의하게 높았다. 품종간 개별 tocopherol 함량 차이는 α -와 β -tocopherol 함량은 일품검정콩이 청자콩보다 높았으나, δ -tocopherol은 청자콩이 일품검정콩보다 높았으며, γ -tocopherol은 두 품종간에 차이가 없었다. 재배 지역간에는 개별 tocopherol 함량은 종류에 따라 일정한 경향없이 지역간 차이를 나타내었다. 일품검정콩에서는 개별 tocopherol 모두 지역간에 유의한 차이를 보였는데, α -tocopherol은 화성지역이 많았던 반면 β -tocopherol은 나주가 함량이 가장 많았다. γ , δ 및 총tocopherol 함량도 같은 경향을 보여 화성과 진주지역에서 나주지역보다 높았다. 청자콩에서는 일품검정콩과 다소 다른 경향을 보여 α -tocopherol 함량은 지역간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, β , γ 및 δ -tocopherol은 재배지역간에 뚜렷한 차이를 보였다. 총 tocopherol 함량에 영향을 미치는 개별 tocopherol의 정도는 γ -tocopherol이 가장 높았는데, 총 tocopherol 중 γ -tocopherol이 차지하는 함량비율은 일품검정콩 58.4~61.7%, 청자콩 56.5~60.2%를 함유하였다.

Tocopherol류는 α -, β -, γ -, δ -tocopherol 과 α -, β -, γ -, δ -tocotrienol 등 8종의 이성체로 알려져 있으며, 식품학적으로나 의학적으로 가치가 크고(Elmadfa *et al.*, 1985), Tocopherol의 항산화효과는 $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ 순이라고 보고하였다(Elmadfa *et al.*, 1985; Niki *et al.*, 1986). 본 시험의 결과 α -tocopherol은 청자콩보다는 일품검정콩이 함량이 많았으며, 재배지역으로는 일품검정콩이 화성지역에서 많았으나, 청자콩은 지역간에 차이가 없었다. β -tocopherol 도 마찬가지로 품종간에는 일품검정콩이 많았으나, δ -tocopherol은 오히려 청자콩이 많았다. 재배지역간 총 tocopherol 함량은 화성, 진주 지역에 비해 나주 지역이 적었다. 이 연구에서 tocopherol 축적에 영향을 미치는 기상요인을 밝히기 위해서는 보다 체계적으로 재배조건과 재배지역 등을 고려한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다.

Mun *et al.*(2003)은 콩에 함유된 항산화활성 성분은 isoflavone, saponin, anthocyanin, tocopherol 및 phenolic compounds라 보고하였고, Kim *et al.*(2005)은 검정콩에 함유된 항산화 활성물질인 anthocyanin, isoflavone, phenolic acid, tocopherol 등을 실제 콩에 함유된 조성비로 조제하여 TEAC 법으로 항산화 효과를 측정된 결과, anthocyanin과 γ -tocopherol 혼합시 시너지 효과가 가장 컸다는 보고하였다. 본 연구결과 콩에서 추출한 MeOH 추출액으로 전자공여능을 측정된 결과, 전자공여능은 품종 간에는 일품검정콩이 청자콩보다 뚜렷하게 높았고, 재배지역간에는 나주에서 일품검정콩과 청자콩이 높았다. 이러한 결과는 항산화활성 성분인

isoflavone, saponin, anthocyanin, tocopherol 및 phenolic compounds 등의 축적기작에 대한 연구자료 부족으로 정확한 해석에는 어려운 실정이나, 일반적으로 등숙기간 중 평균기온보다는 일교차가 큰 지역에서 높아 기상조건과 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

이상의 연구결과를 종합해 보면, 소비자가 선호하는 고기능성 검정콩을 특화작목으로 육성하기 위해서는 장류콩에 비해 상대적으로 낮게 함유된 isoflavone 보다는 검정콩에만 함유된 anthocyanin 함량이 높은 품종과 축적에 유리한 기상환경을 갖춘 지역을 선정하여 재배한다면 특화작목 육성에 유리할 것으로 판단된다.

적 요

품종 및 재배지역에 따른 생리활성성분(isoflavone, anthocyanin 및 tocopherol 함량, 항산화 활성)변이를 구명하여, 생리활성성분 고함유 품종선발과 생리활성성분 축적에 유리한 재배지역을 발굴하여 지역특화작목으로 선정하기 위한 기초자료로 활용하고자 연구한 결과는 다음과 같다. 100립중은 품종간에는 차이 없었으나, 지역간에는 2004년에는 뚜렷한 차이를 보였으나, 2005년에는 화성이나 진주보다 나주에서 현저하게 가버렸다. 총 isoflavone 함량은 2004년에는 일품검정콩이 1,064.9 $\mu\text{g/g}$ 으로 청자콩의 801.3 $\mu\text{g/g}$ 에 비해 높았으나, 2005년에는 오히려 일품검정콩에 비해 청자콩이 높았다. 재배지역간에는 2004년에는 두 품종 모두 화성지역에서 뚜렷하게 높았으나, 2005년에는 진주지역이 화성이나 나주보다 현저하게 높았다. 총 anthocyanin 함량은 품종 간에는 일품검정콩이 7.22 mg/g 으로 청자콩의 6.83 mg/g 에 비해 높았으며, 재배지역간에는 진주지역에서 9.16 mg/g 으로 나주, 화성지역에 비해 가장 높았다. 총 tocopherol 함량은 품종 간에는 큰 차이가 없었으며, 지역 간에는 화성, 진주지역이 각각 217.2 $\mu\text{g/g}$, 216.3 $\mu\text{g/g}$ 으로 나주 지역 189.7 $\mu\text{g/g}$ 에 비해 높았다. tocopherol 성분비율은 γ -tocopherol이 56.2~59.9%로 가장 높았다. 전자공여능은 품종간에는 일품검정콩이 청자콩보다, 지역간에는 화성이나 진주보다 나주에서 EDA 값이 55.6%로 가장 높았다.

인용문헌

- Eldridge, A. C., and W. F. Kwolek. 1983. Soybean Isoflavones: Effect of environment and variety on composition. *J. Agric. Food Chem.* 31 : 394-396.
- Elmadfa, I, and Bosse, W. 1985. Vitamin E. *Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH., Stuttgart.* p. 50.

- Joo, Y. H., J. H. Park, M. G. Choung, S. G. Yun, and K. W. Chung. 2004. Variation of contents and color difference of anthocyanin by different cultivation year in black soybean seed. *Korean J. Crop Sci.* 49(6) : 507-511.
- Jung, C. S., Y. J. Park, Y. C. Kwon, and H. S. Suh. 1996. Variation of anthocyanin content in color-soybean collections. *Korean J. Crop Sci.* 41(3) : 302-307.
- Kim, S. H., T. W. Kwon, Y. S. Lee, M. G. Choung, and G. S. Moon. 2005. A major antioxidative componenets and comparision of antioxidative activities in black soybean. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37(10) : 73-77.
- Kim, S. R., H. D. Kim, and S. S. Kim. 1999. Some properties and contents of isoflavone in soybean and soybean foods. *Korea Soybean Digest* 16(2) : 35-46.
- Kim, Y. H. 2003. Biological activities of soyasaponins and their genetic and environmental variations in soybean. *Korean J. crop Sci.* 48(S) : 49-57.
- Kim, Y. H., S. D. Kim, E. H. Hong, and W. S. Ahn. 1996. physiological function of isoflavones and their genetic and environmental variations in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 41(Spe. 1) : 25-45.
- Kitamura, K., K. Ijita, A. Kikuchi, S. Kodou, and K. Okubo. 1991. Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so-called "summertype soybeans" (*Glycine max* (L) Merrill). *Japan J. Breeding* 41 : 651-654.
- Lee, H. O. 1993. Antioxidant effect of tocopherols and tocotrienols and cis / trans -, trans / trans - hydroperoxide isomer from linoleic acid methylester. *Korean J. Food Sci. Thchnol.* 25(3) : 307-312.
- Lee, M. H., Y. H. Park, H. S. Oh, and T. S. Kwak. 2002. Isoflavone content in soybean and its processed products. *Korean J. Food Sci. Thchnol.* 34(3) : 365-369.
- Morris, P. F., M. E. Savard, and E. B. Ward. 1991. Identification and accumulation of isoflavonoides and isoflavone glucosides in soybean leaves and hypocotyls in resistance response to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea*. *Physiol. Molecular Plant Pathol* 39(3) : 229-244.
- Mun, G. S., T. W. Kwon, and S. H. Lyu. 2003. Comparison of antioxidative activities of soybean components by different assays. *Korean Soybean Digest* 20(1) : 28-36.
- Oh, H. N. 2001. Accumulation of anthocyanin and storage compound in the seeds of Yakkong [*Glycine max* L. Merr.] and dolkong [*Glycine soya* S. et Z.]. Korea Univ. Thesis for degree of master of science.
- Park J. H.. 2003. Studies on the agronomic characteristics and anthocyanin in coloured soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.]. Dankuk Univ. Thesis for degree of master of science.
- Pratt, D. E., C. D. Pietro, W. L. Porter, and J. W. Giffie. 1982. Phenolic antioxidants of soy protein in hydrolyzates. *J. Food Sci.* 47 : 24.
- Tsukamoto, C., S. Shimata, K. Igita, S. Kudou, M. Kokubun, K. Okubo, and K. Kitamura. 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.
- Tsuta, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *phaseolus vulgaris* L. *Biochem Pharmacol.* 52 : 1033-1039.
- Wang, H. J. and P. A. Murphy. 1994. Isoflavone composition of american and japanese soybeans in Iowa : Effects of variety, crop year and location. *J. Agric. Food Chem.* 42 : 1674-1677.
- Yi, E. S. 2005. Variation of antioxidant components as affected by sowing date and cultivation region in black soybean (*Glycine max* (L.) merr.) varieties. Dankook univer. Thesis for Degree of Doctorate.
- Yoshida, K., Sato, Y., Okuno, R., Kameda, K., Isobe, M., and Y. Kondo. 1996. Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of *Vigna*, *Phaseous*, and *Glycine* legumes. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 60 : 589-593.
- 과학기술정보통합서비스. 2002. 영국 JHCI, 대두의 health claim 을 허가(건강산업신문. 2002. 9. 9) <http://www.ndsl.kr/brief.do>.
- 이재현, 정영수, 김기영, 신상현, 정종인. 2004. 검정콩에서 기능성물질 안토시아닌 함량 증가를 위한 분자유종학적 연구. 농림부. 최종연구보고서.