

검정콩 수집지역과 성숙기에 따른 안토시아닌 함량 변이

이은섭*[†] · 이용선* · 김희동* · 김용호**

*경기도농업기술원, **순천향대학교 의료과학대학

Variation of Anthocyanin Contents according to Collection Site and Maturity in Black Soybean

Eun-Seob Yi*[†], Yong-Sun Lee*, Hee-Dong Kim*, and Yong-Ho Kim**

*Gyounggido Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 442-781, Korea

**College of Medicinal Science, Soonchunhyang University, Asan, 336-745, Korea

ABSTRACT Anthocyanin contents of black soybean were analyzed for development of superior breeding lines with high anthocyanin contents. Total 292 genotypes of black soybean collected through the whole country were analyzed by HPLC in which C3G (Cyanidin-3-Glucoside), D3G (Delphinidin-3-glucoside), and Pt3G (Petunidin-3-Glucoside) were detected main anthocyanin pigments and each pigment contents were significantly different according to genotypes. C3G content showed the highest value in all materials and its variation was also wide, whereas D3G and Pt3G were not detected in 4 and 24 genotypes. Mean value of C3G, D3G, and Pt3G contents were 8.05 ± 4.225 , 1.80 ± 0.854 , and 1.15 ± 0.781 mg/g, respectively. In case collected sites, genotypes collected in Chungnam region were higher the anthocyanin contents than other collections, which was 13.75 ± 3.861 mg/g. It might be concluded that it takes more than 36 days for anthocyanin accumulation since beginning of seed-coat pigments formation, in that case it showed 13.09 ± 4.190 mg/g. Also total anthocyanin contents were present higher concentration in seed coat as maturation period was longer from flowering stage.

Keywords : black soybean, anthocynin, collected site, maturity, germplasm

검정콩의 소비량은 최근 웰빙식품으로 각광을 받음에 따라 증가하고 있다. 검정콩은 녹색자엽검정콩과 황색자엽검정콩으로 나누어지는데, 이중 소비자의 기호도가 높은 것은 녹색자엽검정콩으로 알려져 있다. 검정콩은 백태와는 달리

종피에 안토시아닌을 함유하고 있는데, 안토시아닌은 항산화작용(Tsuta *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 2005), 콜레스테롤 저하와 시력개선(신, 2005), 항암효과와 함염증(Ryu *et al.*, 2000), 혈관보호, 동맥경화, 심장병 예방, 당뇨억제, 자외선으로부터의 보호기능(정, 2000) 등이 알려져 있다. 특히, 자외선 조사에 의한 MDA(Malondiadehyde) 생성억제효과는 tocopherol보다 12배나 높다고 보고되었다(정, 2000).

검정콩 종피의 안토시아닌 축적은 우성유전자인 I 유전자에 의해 생성축적이 조절되며 R locus와 모용색 대립유전자(T, t)에 영향을 받는데, 검정종피는 i, R, T gene이 그리고 불완전한 검정종피에는 I, R, t gene이 존재해야 안토시아닌이 축적된다(Joo *et al.*, 2003)고 하였다. 안토시아닌 함량은 일반적으로 종실비대기인 R6에서 수확기인 R8로 갈수록 개별색소 및 총함량이 증가된다(Chu *et al.*, 2002; Chung *et al.*, 2004)고 하였다. 그리고 안토시아닌의 축적은 품종(박, 2003), 생육일수(Jung *et al.*, 1996), 재배년도, 재배지역(Kim *et al.*, 2005), 파종시기(Jung *et al.*, 1996, 박, 2003) 등에 의해 영향을 받는다. 검정콩 종피에 함유된 개별 안토시아닌 함량 변이는 D3G는 0.55~2.63 mg/g, C3G는 2.77~8.38 mg/g, Pt3G는 0.38~5.66 mg/g, 그리고 총안토시아닌 함량 변이는 3.32~16.67 mg/g이었으나(Joo, 2004b), D3G는 검정콩 품종간에 변이를 보이지 않았다(Joo *et al.*, 2004b). 검정콩에 존재하는 안토시아닌 함량비율은 cyanidin, pelargonidin, petunidin 및 delphinidin 등이 각각 80%, 8.0%, 7.4%, 4.3%이며, 돌콩에서의 비율은 85%, 0%, 3.4%, 및 10.9%이었다(Oh, 2001). 이와 같이 다양한 분야에서 연구가 이루어졌음에도 불구하고 검정콩에서 안토시아닌 고함유 신품종 육성에 필요한 교배모부본을 선정할 만큼의 다양한 국내 유전자

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-229-6101

(E-mail) yies07@gg.go.kr

<Received June 2, 2008>

원에 대한 안토시아닌 함량을 분석한 연구결과는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 각 지역에서 수집된 유전자원을 농업생명공학연구원 유전자원과로부터 2006년에 분양받아 각 자원에 대한 안토시아닌 함량을 분석하였다. 공시재료에 대한 안토시아닌 함량은 수집지역, 성숙소요일수, 착색후 수확기까지의 소요일수 등으로 나누어 분석하였으며 향후 검정콩에서 안토시아닌 고함유 품종육성을 위한 육종모재로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구는 국내수집 검정콩 유전자원의 안토시아닌 함량을 평가하고 선별함으로써 안토시아닌 고 함유 신품종 육종모재로 활용하고자 수행하였다. 수집된 292종은 농촌진흥청 생명공학연구소 유전자원과로부터 분양받은 274종(2002년 38종, 2006년 236종)과 경기도농업기술원 작물연구과에서 자체 수집 보관하던 18종이었으며, 이들은 2006년도에 경기도농업기술원 작물연구과 전작포장에서 재배한 후 분석시료로 이용하였다.

본 연구에 이용된 검정콩 유전자원 292종에 대한 지역별 수집내역은 Table 1과 같다.

주요조사내용은 개화기, 착색기, 수확기 등을 조사하여 개화기~수확기의 소요일수, 착색기~수확기의 소요일수 등을 구하였다. 개화기는 40%이상 개화한 날로 하였으며 착색기는 임의로 협 10개를 채취하여 이중 협 4개 이상이 착색된 시기로 하였고, 수확기는 협의 95%이상 고유의 성숙색을 띤 시기를 수확기로 하였다. 안토시아닌 함량은 50 ml 삼각플라스크에 콩 종피 0.1 g을 넣은 후 1%HCl-99%MeOH 용액 5 ml를 가하여 4℃에서 24시간씩 3회 추출한 후 여과지(Advantec No. 2, ϕ55 mm)을 이용하여 여과한 후 추출용매로 25 ml가 되도록 정용하였다. 여과한 추출용액은 syringe filter(whatman 0.2 μm NYL)를 이용 여과 후 HPLC 분석 시험용액으로 사용하였다. 개별 안토시아닌 검량선은 Dephinidin-3-Glucoside, Cyanidin-3-Glucoside, Petionidin-3-Glucoside 등의 표준물질을 Extrasynthese(France)에서 구입하여 농도구배로 구하였다. 분석조건은 Table 2와 같이 하였으며, 안토시아닌 함량 추정 회귀식은 Table 3과 같다. 통계분석은 SAS 8.01로 분석하였다.

Table 1. No. of black soybeans according to collection sites.

Regions	Gyeonggi	Ganwon	Chungbuk	Chungnam	Jeonbuk	Jeonnam	Kyeongbuk	Kyeongnam	Others*	Total
No. of collected germplasm	50	71	32	9	23	26	24	28	29	292

*Jeju, Busan, Pohang, and not observed

Table 2. Condition of anthocyanin analysis by HPLC

Parameter	Condition
Instrument	Acquity™ UPLC
Wavelength UV-VIS detector	520 nm
Mobile phase	D.W. : MeOH : TFA = 75.8 : 24.0 : 0.2
Flow rate	0.5 ml/min
Sample injection volume	1 μl
Oven temperature	35℃
Column	Acquity™ BEH SHIELD RP18 1.7 μm × 21 × 100 mm

Table 3. Estimated linear regression equations on anthocyanin analysis

Anthocyanin	농도구배	Regression	Coefficient of determination
dephinidin-3-glucoside	0~20 mg/g	y = 3.040X - 4.110	R ² = 0.9994
cyanidin-3-glucoside	0~20 mg/g	y = 1.960X + 1.020	R ² = 0.9999
petionidin-3-Glucoside	0~ 5 mg/g	y = 1.030X + 1.380	R ² = 0.9996

결과 및 고찰

검정콩 수집지역별 안토시아닌의 함량변이를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

총 안토시아닌 함량은 충남 수집종이 평균 13.75 ± 4.709 mg/g으로 가장 높았고, 전남지역, 충북지역, 전북지역, 경북지역, 경기지역, 경남지역, 강원지역 수집종 순으로 나타났다. 특히, 충남 수집종은 타 지역 수집종보다 C3G 함량이 높았으나, D3G와 Pt3G 함량은 상대적으로 낮은 특성을 보였다. 이러한 결과는 각 지역에서 수집된 종에 대한 안토시아닌 함량을 분석한 결과로 수집종의 고유특성으로 여겨진다. 개별 안토시아닌 함량은 C3G가 가장 높았고, D3G, Pt3G순이었는데, 이는 Joo *et al.*(2004a)의 보고와 같은 경향이였다. 개별 안토시아닌 함량은 C3G는 5.75~11.67 mg/g, D3G는 1.41~2.51 mg/g, Pt3G는 0.67~1.33 mg/g으로 Joo *et al.*(2004a)이 보고한 C3G 2.77~8.38 mg/g, D3G 0.55~2.63 mg/g, Pt3G 0.38~5.66 mg/g으로 D3G는 유사한 수준이었으나, C3G는 높았고, Pt3G는 낮았다.

Table 5는 검정콩 292 종에 대해 개별 안토시아닌 함량별 분포 결과를 분석한 것이다.

안토시아닌 함량의 분포는 총안토시아닌은 9.1~12.0 mg/g에서 84종으로 가장 많았고, 6.1~9.0 mg/g 65종, 12.1~15.0 mg/g 41종 순이었다. C3G는 3.1~6.0 mg/g에서 85종

으로 많았고 6.1~9.0 mg/g 72종, 9.1~12.0 mg/g 55종 순이었다. D3G와 Pt3G는 0~3.0 mg/g에서 각각 288종, 268종으로 나타났으나 3.1 mg/g이상인 수집종은 없는 것으로 분석되었다. 개별 안토시아닌 성분 중 D3G와 Pt3G가 미 검출된 수집종은 각각 4종, 24종으로 나타났다. Joo *et al.*(2004a)은 검정콩 13개 재배품종에 대해 안토시아닌 함량을 분석한 결과, 검정콩 1호와 선흑콩에서는 C3G만, 흑청콩에서는 C3G와 D3G만이 검출되었다고 하였는데, 본 연구에서 밝혀진 결과에서도 C3G 혹은 C3G와 D3G만 검출된 수집종이 있어 유사한 결과를 보였다.

안토시아닌은 아미노산중 페닐알라닌에서 유래된 생리활성물질로 성숙기간중 기상환경에 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2005). 따라서 성숙소요일수에 따른 안토시아닌 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다.

성숙소요일수에 따른 총 안토시아닌 함량 변이는 $9.00 \pm 2.798 \sim 15.98 \pm 3.935$ mg/g으로, 성숙소요일수가 길어질수록 높아지는 경향을 보였다. 이중 C3G함량은 $6.25 \pm 2.798 \sim 12.32 \pm 3.775$ mg/g, D3G는 1.55 ± 0.772 mg/g ~ 2.30 ± 0.292 mg/g의 변이를 보였는데, C3G는 성숙소요일수가 65일, D3G는 70일 이전까지는 뚜렷한 경향은 보이지 않았으나, 이후에는 성숙소요일수가 길어질수록 증가하는 경향이었고, Pt3G는 성숙소요일수에 의해 뚜렷한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이상의 결과로만 볼 때, 검정콩의 종피에 함유된 안토

Table 4. Variation of anthocyanin contents according to collected sites in black soybean.

(Unit : mg/g)

Components	Gyeonggi	Gangwon	Chungbuk	Chungnam	Jeonbuk	Jeonnam	Kyeongbuk	Kyeongnam	Others [‡]
C3G [†]	8.08±3.165	5.88±3.259	8.67±4.302	11.67±3.086	9.42±4.365	9.85±4.541	9.38±3.557	7.53±3.600	10.37±4.460
D3G	2.15±0.769	1.63±0.720	2.20±0.698	1.41±1.228	1.56±0.712	1.79±0.742	1.65±0.817	1.79±0.906	2.11±0.789
Pt3G	1.33±0.741	0.90±0.614	1.24±0.643	0.67±0.670	0.99±0.659	1.17±0.704	1.33±0.897	1.62±1.015	1.33±0.772
Total	11.55±3.887	8.41±4.200	12.11±4.710	13.75±4.709	11.97±4.417	12.81±4.458	12.35±3.871	10.94±3.803	13.81±4.884

[†]C3G: Cyanidin-3-glucoside, D3G: Delphinidin-3-glucoside, Pt3G: Petunidin-3G-Glucoside, Total: C3G+D3G+Pt3G

[‡]Jeju, Busan, Pohang, and not observed

Table 5. Distribution of anthocyanin contents in collected black soybean germplasms.

Components	Anthocyanin contents (mg/g)							
	0	0~3.0	3.1~6.0	6.1~9.0	9.1~12.0	12.1~15.0	15.1~18.0	More than 18.0
C3G [†]	0 [‡]	19	85	72	55	39	20	2
D3G	4	288	0	0	0	0	0	0
Pt3G	24	268	0	0	0	0	0	0
Total	0	7	25	65	84	41	39	31

[†]C3G: Cyanidin-3-glucoside, D3G: Delphinidin-3-glucoside, Pt3G: Petunidin-3G-Glucoside, Total: C3G+D3G+Pt3G

[‡]No. of collected genotypes.

Table 6. Variation of anthocyanin contents according to maturation period from flowering stage in Black soybean. (Unit : mg/g)

Components	Required days to maturity from flowering(day)						
	Less than 60	61~65	66~70	71~75	76~80	81~85	More than 86
C3G [†]	6.49±2.383	6.25±2.798	7.42±3.257	7.59±2.967	8.89±3.767	11.16±3.495	12.32±3.775
D3G	1.98±0.450	1.56±2.798	1.55±0.772	1.89±0.628	2.04±0.505	2.17±0.415	2.30±0.292
Pt3G	1.00±0.375	1.18±0.733	1.17±0.688	1.56±0.515	1.12±0.516	1.32±0.338	1.36±0.257
Total	9.46±2.654	9.00±2.798	10.46±3.659	10.63±3.318	12.05±4.179	14.65±3.773	15.98±3.935

[†]C3G: Cyanidin-3-glucoside, D3G: Delphinidin-3-glucoside, Pt3G: Petunidiin-3G-Glucoside, Total: C3G+D3G+Pt3G

Table 7. Variation of anthocyanin contents according to maturity from days after pigmentation beginning on seed coat. (Unit: mg/g)

Components	Required days to maturity from days after pigmentation (day)						
	Less than 10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	More than 36
C3G [†]	5.75±0.680	6.01±3.695	8.57±2.988	8.26±2.969	8.39±4.031	9.37±3.118	9.91±4.014
D3G	0.92±0.416	1.08±0.660	1.74±0.732	1.97±0.608	2.03±0.485	2.02±0.532	1.99±0.353
Pt3G	1.02±1.229	0.72±0.622	1.25±0.684	1.30±0.549	1.16±0.395	1.12±0.490	1.18±0.256
Total	4.68±2.326	7.82±4.304	11.56±3.198	11.53±3.202	11.57±4.504	12.51±3.463	13.09±4.190

[†]C3G: Cyanidin-3-glucoside, D3G: Delphinidin-3-glucoside, Pt3G: Petunidiin-3G-Glucoside, Total: C3G+D3G+Pt3G

* Pigmentation: satge of pigmentation beginning on seed-coat, Maturity stage (R8): 95% of pods showed brown.

시아닌 함량은 성숙기간에 의해 영향을 받을 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 9월 하순 이후에는 수확이 늦어질수록 안토시아닌 함량이 높은 연구결과와는 Jung *et al.*(1996)이 흑색종피 수집계통을 성숙기 군별로 분류하여 안토시아닌 함량을 분석한 결과, 생육일수가 비교적 긴 VI군이 V보다 안토시아닌 함량이 높은 것과 같은 양상을 나타내었다. 이러한 결과를 얻은 원인은 명확히 설명할 수 없었으나 이는 기상적인 요인보다는 품종의 유전적 특성에 영향이 큰 것으로 사료되었다.

Table 7은 착색기~성숙기의 소요일수에 따른 안토시아닌 함량을 분석한 결과이다.

착색기~성숙기의 소요일수는 10일미만~36일 이상까지 넓게 분포하였다. 총안토시아닌 함량은 착색기~성숙기의 소요일수가 길어질수록 높은 경향을 보였는데, C3G에서는 같은 경향을 보였으나, D3G와 Pt3G에서는 뚜렷한 경향이 없었다. 이러한 연구결과에 대해 고찰하고자 하였으나, 착색기~성숙기의 소요일수와 안토시아닌 축적양상에 대한 연구 자료부족으로 이에 대한 원인을 명확히 설명할 수 없었으며 추후 정밀한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다. 그러나 본 연구결과에서는 착색기~성숙기의 소요일수가 길었던 만생종일수록 안토시아닌 함량이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 안토시아닌 고 함유 품종을 육종하고자 할 때에는

성숙소요일수와 착색기~성숙기의 소요일수가 긴 품종이나 수집종을 선발하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 안토시아닌 함량은 성숙소요일수가 길수록, 착색기~성숙기의 소요일수가 길수록 높았는데, 이는 경기 화성에서의 기상환경 특성상 9월(R5~R6) 이후에는 일평균온도는 23.6~25.7°C로 낮아지고 일교차가 8.7~9.7°C에서 10.9~12.1°C로 커지는 것(Yi, 2005)과 연관이 있을 것으로 판단되었다. 이것은 아미노산인 페닐알라닌에서 유래된 아이소플라본이 R6이후 평균기온이 낮고 유효 일교차가 큰 지역에서 함량이 높았다는 보고(Tsukamoto *et al.*, 1995)와 비교할 수 있을 것이다. 즉 안토시아닌도 아이소플라본과 같은 페닐알라닌에서 유래되고 phenylpanoid pathway와 flavonoid pathway를 거쳐 합성되는 것(Boo and Lee, 1999)으로 미루어 볼 때 만생종이거나 등숙기간 중 저온으로 경과되기 쉬운 고위도 혹은 고지대에서 수집된 검정콩 계통의 안토시아닌 함량이 높아질 가능성이 큰 것으로 판단되었다. 따라서 이러한 지역에서 수집된 안토시아닌 고 함유 검정콩 계통이 육종모재로서의 가치가 있을 것으로 생각되었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 국내 수집 검정콩 292종에 대해 안토시아닌 함량과 개별 안토시아닌 함량을 분석한 결과, 총 안토시아닌 함량은 1.58~22.13 mg/g 분포하였고, 수

집지역, 성숙소요일수, 착색기 이후 성숙기까지의 소요일수에 의해 영향을 받은 것으로 분석되었다. 수집종 중 안토시아닌의 개별 성분은 C3G는 모든 유전자원에서 검출되었으나 D3G는 4종, Pt3G는 24종에서 성분이 미 검출되었는데, 이중 IT 141535, IT 162061, IT 17797, IT 177880 등 4종은 D3G와 Pt3G가 미검출되었다. 이러한 수집종은 안토시아닌 색소가 필요 없거나 결여되어야 하는 특수한 용도에 적합한 품종 육성 등에 유용하게 이용할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 총안토시아닌 함량이 18 mg/g 이상인 수집종은 IT 162067, IT 177237, IT 177240, IT 177243, IT 177279, IT 177290, IT 177648, IT 177741, IT 177743, IT 177797, IT 177812, IT 177813, IT 177824, IT 178087, IT 178128, IT 180540 등 16종으로 안토시아닌 고함유 품종육성시 유용할 것으로 고찰되었다.

적 요

국내수집 검정콩 유전자원의 안토시아닌 함량을 평가 및 선별함으로써 안토시아닌 고함유 신품종 육종 모재로 활용하고자 본 연구를 수행하였다. 공시재료는 농촌진흥청 생명공학연구소 유전자원과로부터 분양받은 274 수집계통(2002년 38계통, 2006년 236계통)과 경기도농업기술원 작물연구과에서 자체 수집·보관하던 18 수집계통이었으며, 2006년도에 경기도농업기술원 작물연구과 전작포장에서 재배하고 수확한 후 성분을 분석하였다. 검정콩 종피에 함유된 안토시아닌의 주성분은 cyanidin-3-glucoside(C3G), dephinidin-3-glucoside(D3G), petionidin-3-glucoside(Pt3G) 등이었으며 분석결과는 다음과 같았다.

1. 수집지역간의 총안토시아닌 함량은 충남 수집종이 평균 13.75±4.709 mg/g으로 가장 높았고, 총안토시아닌 함량별 유전자원 분포는 9.1~12.0 mg/g 범위가 84종으로 가장 많았으며, 6.1~9.0 mg/g 65종, 12.1~15.0 mg/g 41종, 15.1~18.0 mg 39종 순이었다.

2. C3G는 3.1~6.0 mg/g 범위가 116종으로 가장 많았고, D3G와 Pt3G는 0~3.0 mg/g에서 각각 288종, 268종이었다. 이중 D3G와 Pt3G가 결핍된 유전자원은 각각 4종, 24종이었다.

3. 착색기~성숙기 소요일수에 따른 총안토시아닌 함량은 착색소요일수 16일 이하에서는 7.82±4.304 mg/g 이하였으나, 35일 이상에서 13.09±4.190 mg/g으로 뚜렷하게 증가하였다.

4. 성숙소요일수에 따른 안토시아닌 함량은 소요일수가

길어질수록 높아져 86일 이상에서는 15.98±3.935 mg/g이었다.

5. 수확시기에 따른 총안토시아닌 함량은 9월 하순부터 높아져 10월21일 이후 수확된 유전자원에서 15.75±3.402 mg/g으로 가장 높았는데, 개별 안토시아닌에서도 C3G와 D3G는 같은 경향이였다.

사 사

본 연구는 2006년도 농림부 농업기술개발연구과제(106041-03-2-SB010)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Boo, H. O., and B. Y. Lee. 1999. Effect of light on the biosynthesis of anthocyanin in *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* L. Horticulture Environment and Biotechnology 40(3) : 322-326.
- Chung, K. W., Y. H. Joo, and D. J. Lee. 2004. Content and color difference of anthocyanin by different planting dates and growth stages in seed coats of black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. J of the Korean society of international agriculture 16(2) : 200-204.
- Chu, Y. H., J. H. Park, M. G. Chung, J. I. Ju, S. G. Yun, Y. H. Kim, and K. W. Chung. 2002. Difference of total anthocyanin content of black soybean (*Glycine max* L. Merr) seed coat in different extraction methods, seed size, and growth stage. J. of Bio-resource & Environment Research Vol. 2. : 1-8.
- Joo, Y. H., J. H. Park, Y. H. Kim, M. G. Choung, and K. W. Chung. 2003. Heritability of anthocyanin contents of black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] seed coat. Proceedings of Co-symposium organized by Korea J. Crop Sci. and Korean J. breed. p. 311.
- Joo, Y. H., J. H. Park, M. G. Choung, S. G. Yun, and K. W. Chung. 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., J. H. Park, Y. H. Kim, M. G. Choung, and K. W. Chung. 2004b. Change in anthocyanin contents by cultivation and harvest time in Black-seeded soybean. Korean J. Crop Sci. 49(6) : 512-515.
- 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. 37910 : 73-77.
- Oh, H. N. 2001. Accumulation of anthocyanin and storage components in the seeds of Yakkong [*Glycine max* (L.) Merr.] and Dolkong (*Glycine soja* S. et Z). Korea Univ. Thesis for Degree of Master of Science).
- Ryu, S. N., S. J. Han, S. Z. Park, and H. Y. Kim. 2000. Antioxidative and varietal difference of cyanidin-3-glucoside and pelargonidin-3-glucoside contents in pigmented rice. Korean J. Crop Sci 45(4) : 257-260.
- 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.
- Tsukamoto, C., S. Shimata, K. Igita, S. Kudou, M. Kokubun, K. Okubo, and K. Kitamura. 1995. Factor affecting isoflavone content in soybean seed; 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. 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.
- 박재훈. 2003. 유색콩의 작물학적 특성 및 안토시아닌에 관한 연구. 단국대학교, 석사학위논문.
- 신국현. 2005. 고기능성 식품인자, 안토시아닌류의 새로운 생리적 의의에 관한 기반 연구(원로과학인: <http://www.reseat.re.kr>).
- 정명근. 2000. 검정콩 함유 고기능성 천연 안토시아닌. 한국작물학회 45(별책)-2000년 춘계공동워크샵 및 학술발표회 연구논문. 발표요지 2000 : 11-15.