

유전자형과 재배환경에 따른 검정콩 안토시아닌 함량변이

황인택* · 이주영* · 최병렬** · 이은섭** · 김용호*[†]

*순천향대학교 의료생명공학과, **경기도농업기술원

Variation of Anthocyanin Contents by Genotypes and Growing Environments in Black Colored Soybeans

In-Taek Hwang*, Joo-Young Lee*, Byung-Ryul Choi**, Eun-Seop Lee**, and Yong-Ho Kim*[†]

*Dep. of Medical Biotechnology, Soonchunhyang Univ., Asan, Chungnam 336-745, Korea

**Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwasong, Gyeonggi 445-300, Korea

ABSTRACT Variation of anthocyanin contents were analyzed by different growing environments, three locations over three years with 3 black colored soybeans. Anthocyanin contents were different according to growing location, genotypes and planting time, so it can be concluded that anthocyanin content was effected by environmental and genetic variation. Planting date seemed to have a much greater influence on anthocyanin content than cultivar and location. Among different planting dates, anthocyanin contents increased in the seeds planted on June 15 rather than did May 30 and May 15. Compared with 3 cultivars and 3 locations, Ilpumgeomjungkong and Yeonchun had higher contents such as 11.58 mg/ and 9.85 mg/g, respectively. The correlations between color index and anthocyanin content were analyzed by Hunter' value. L (lightness) and b (yellowness) values were correlated negatively with D3G, C3G, Pt3G and total anthocyanin content while a (redness) value was correlated positively. The correlations between meteorological factors and anthocyanin content were analyzed. Anthocyanin content was correlated negatively with mean temperature and accumulated temperature whereas mean daily temperature difference showed positive correlation. We could conclude that the area in which mean temperature was low and daily temperature difference was high is good for attempts to improve black soybean seed quality by the increase of anthocyanin contents.

Keywords : black soybean, anthocyanin, environmental variation, location, planting time

검정콩은 예로부터 우리나라의 전통음식인 밥밀콩, 콩자반, 콩강정, 떡소용 등에 이용되어 왔으며 최근에는 국내에서 검정콩을 주재료로 하는 건강기능성 식품들도 개발 보급되고 있다. 검정콩 종피에는 안토시아닌 색소가 함유되어 있는데, 안토시아닌은 적색, 자색, 청색을 나타내는 수용성 flavonoid계 색소로서 식물에 분포하는 종류는 20여종에 이르는 것으로 알려져 있다(Harborne, 1988). 이들은 착색물질로서의 역할 뿐만 아니라 생체 내의 생리활성에 도움을 주는 것으로 보고됨에 따라 안토시아닌에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Plochmann *et al.*, 2007; Kanatt *et al.*, 2005; Prior *et al.*, 2005; Kong *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2001; Harborne and William, 2000; Wang and Lin, 2000).

그러나 검정콩의 색소에 관한 연구는 아직 미흡한데, 그 이유는 검정콩이 우리나라, 일본 및 만주 등 동북아시아 지역에서만 재배, 식용되고 있기 때문이다. 과거에는 검정콩 색소에 관한 연구는 일본학자들에 의해서만 이루어졌다고 하여도 과언이 아닌데, 국내에서는 Kim *et al.* (2000)이 유색미와 검정콩에서 안토시아닌 추출에 관한 보고를 한 바 있으며, Choung *et al.* (2001)이 검정콩의 색소는 주성분이 cyanidin-3-glucoside을 포함한 3개의 anthocyanin pigment로 구성되어 있음을 보고한 바 있다. Bae and Moon (1997), 그리고 Kim *et al.* (2006)은 콩 품종간 항산화효과의 차이는 종피의 안토시아닌 함량과 높은 관련성이 있음을 보고한 바 있다. 검정콩 안토시아닌 함량에 관한 연구결과는 일반적으로 종실비대기인 R₆에서 수확기인 R₈로 갈수록 개별색소 및 총 함량이 증가되며(Chung *et al.*, 2004), 안토시아닌

[†]Corresponding author: (Phone) +82-41-530-1281 (E-mail) yohokim@sch.ac.kr

<Received 15 April 2014; Revised 13 September 2014; Accepted 15 September 2014>

의 축적은 품종(Park, 2003), 생육일수(Jung *et al.*, 1996), 파종시기(Jung *et al.*, 1996; Park, 2003) 등에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다.

본 연구에서는 검정콩 함유 안토시아닌 함량의 환경 변이 특성을 구명하고자 검정콩의 재배 지역과 파종기를 달리하며 안토시아닌 함량을 분석하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시 재료

검정콩 장려품종인 일품검정콩(Shin *et al.*, 1998), 청자콩(Baek *et al.*, 2001), 흑청콩(Ha *et al.*, 2002) 등 3품종을 공시재료로 사용하였다. 재배지역은 경기 연천(경기도농업기술원 제2농업연구소), 충남 예산(충청남도농업기술원), 경남 진주(경상남도 진주시 진성면 소재) 등 3개 지역에서 2006~2008년간 년차별로 재배하였으며, 파종 시기는 5월 15일, 5월 30일, 6월 15일 등 3시기에 걸쳐 실시하여 검정콩 함유 안토시아닌 함량의 환경변이를 분석하였다. 기타 재배법은 지역별 표준재배법에 준하였는데 재식밀도는 연천과 예산에서는 60 x 20 cm, 진주에서는 60 x 15 cm로 하여 1주2본으로 파종하였다. 시비량은 N : P : K를 3 : 3 : 3.4 kg/10a 으로 하였으며, 수확기에 bulk로 공시재료를 수확한 후 안토시아닌 함량분석에 사용하였다.

안토시아닌의 함량 분석

안토시아닌 함량은 콩 종피 0.1 g에 1% HCl - 99% MeOH 용액 5 ml를 넣어 4°C에서 24시간씩 3회 추출한 후 여과지(Advantec No. 2, Ø55 mm)를 이용하여 여과하고 추출용매로 25 ml가 되도록 정용하였다. 여과한 추출용액은 다시 syringe filter (whatman 0.2 µm NYL)를 이용하여 여과한

후 분석 시험용액으로 사용하였다. 표준물질은 Delphinidin-3-glucoside (D3G), Cyanidin-3-glucoside (C3G) 및 Petunidin-3-glucoside (Pt3G) 등을 Polyphenols 사(Norway)에서 구입하여 농도구배로 검량선을 구하였다. HPLC (Agilent 1100) 조건은 mobile phase를 distilled water : MeOH : formic acid를 75 : 20 : 5로 조제한 후 gradient program으로 조합하였고 컬럼은 Atlantis™ dc18 (4.6 × 150 mm, 3 µm)를 사용하였으며, 이동상 0.85 ml/min으로 UV detector 520 nm 에서 분석하였다.

색차 분석

색차 측정은 색소 추출물을 빛이 투과되지 않도록 제작된 백색 계량용기(dia. 32 mm i.n. × H150 mm)에 10 ml을 넣어 8°의 표준색판(백색판-L값은 0.44, a값 1.38, b값 -0.62), 60°의 표준색판(L값 2.82, a값 4.06, b값 0.63) 및 80°의 표준색판(L값 0.63, a값 2.37, b값 0.47) 으로 기본값을 설정한 spectrophotometer (d-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter's value 인 L (lightness), a (redness), b (yellowness)값을 측정하였다.

통계처리

기상요인 회귀분석 등 모든 실험결과와 통계분석은 SAS 8.01 통계프로그램을 사용하여 수행하였다. 기상요인 회귀분석은 각 품종별 안토시아닌 함량과 기상요인 중 평균기온, 적산온도, 일교차, 일조시수 등과의 회귀식을 SAS 프로그램을 통하여 도출하였다. 기상 data는 각 지방기상청 지역 기상대에서 제공받았다.

결과 및 고찰

검정콩 안토시아닌 환경 변이를 평가하기 위하여 장소(연

Table 1. Mean value of climatic data at 3 locations during the soybean growing period(May~Nov.) for 3 years(2006~2008).

Month	Yeonchun					Yesan					Jinju				
	Temp. (°C)			Integrated sunshine hours (hr.)	Precipitation (mm)	Temp. (°C)			Integrated sunshine hours (hr.)	Precipitation (mm)	Temp. (°C)			Integrated sunshine hours (hr.)	Precipitation (mm)
	mean	max.	min.			mean	max.	min.			mean	max.	min.		
May	16.4	24.6	8.0	2,055	131.3	17.6	23.8	11.9	2,185	89.3	18.2	24.6	12.0	2,080	163.6
June	20.7	28.4	14.3	1,731	139.8	21.3	26.6	16.7	1,699	117.8	21.8	27.1	17.2	1,490	220.2
July	23.0	28.3	18.9	977	522.9	24.0	28.1	20.9	865	346.0	25.4	29.5	22.3	1,254	323.4
Aug.	24.4	30.7	19.3	1,702	292.0	25.1	30.1	21.2	1,838	224.3	26.9	31.9	23.1	1,822	237.8
Sept.	19.0	26.6	11.8	1,501	128.4	20.0	25.6	15.4	1,472	154.9	21.8	27.0	17.3	1,418	202.4
Oct.	13.4	22.2	7.3	1,734	42.2	14.5	21.6	8.7	1,893	31.8	16.9	24.1	10.7	2,147	57.1
Nov.	4.2	13.3	-3.2	1,581	20.0	6.3	12.6	5.3	1,614	29.5	10.9	15.8	3.6	1,808	10.5

천, 예산, 진주)와 파종기(5월15일, 5월30일, 6월15일)를 달리하여 3년간 3품종을 공시하였다. 공시재료는 검정콩 품종 중 특성이 다른 3 품종을 선택하였다. 일품검정콩은 종피에 광택이 있으나 분이 없으며 자엽은 황색이고, 청자콩은 종피에 광택이 없고 분이 있으나 자엽은 옅은 녹색이며, 흑청콩은 종피에 광택이 없고 분이 많으며 자엽은 짙은 녹색이다.

각 지방기상청의 지역 기상대에서 제공받은 기상자료(Table 1)에 의하면 지역별 3년간 평균기온과 일조시수는 진주, 예산, 연천 순으로 높아 위도가 낮을수록 높은 경향이었으며 이에 반하여 최대온도와 최저온도의 차이인 평균온도차는 연천, 진주, 예산 순으로 크게 나타났다. 강우량은 연천이 제일 많았다. 한편, 표로 제시하지는 않았지만 지역별 등숙 일수는 진주, 예산, 연천 순으로 위도가 낮을수록 많은 경향이었으며, 품종간에는 흑청콩, 청자콩, 일품검정콩 순으로 수확기가 늦은 품종일수록 길어지는 경향이였다.

지역 및 파종기에 따른 검정콩 안토시아닌 함량 분석 결과를 Table 2, 3, 4 및 5에 나타내었다.

공시품종별 파종기에 따른 안토시아닌 함량 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 공시품종의 안토시아닌 함량은 대체로 파종이 늦어질수록 높아지는 경향이였다. 품종간에는 일품검정콩의 경우 6월 15일과 5월 30일 파종기에는 서로간

에 유의성이 없었으나 5월 15일 파종기와는 유의성을 나타내었다. 흑청콩도 일품검정콩과 비슷한 경향을 나타낸 반면, 청자콩의 경우는 5월 15일 파종기가 5월 30일 파종기보다 안토시아닌 함량이 높았다. 이것은 연천에서 5월 30일에 파종된 청자콩의 함량이 낮아졌기 때문인데 연천 지역의 5월 30일 파종기 기상요인이 잦은 강우 등의 악화요인이 많았던 까닭으로 사료된다. 공시품종간 지역과 파종기를 종합 고려한 안토시아닌 함량은 일품검정콩이 11.58 mg/g으로 가장 높았으며, 청자콩 10.54 mg/g, 흑청콩 3.48 mg/g을 나타내었다.

공시품종별 지역에 따른 안토시아닌 함량 분석 결과는 Table 3과 같다.

표를 보면 대체로 3품종 공히 연천에서 재배된 공시재료들의 안토시아닌 함량이 높았다. 품종간 비교를 하면 일품검정콩과 청자콩은 연천에서 각각 13.60 mg/g, 12.49 mg/g으로 가장 높았고, 진주와 예산의 경우는 서로간에 유의성이 없었다. 흑청콩은 예산과 연천에서 각각 3.87 mg/g, 3.45 mg/g으로 차이가 있었으나 유의성이 없었으며, 진주의 3.14 mg/g과는 유의성을 나타내었다. 이런 까닭은 흑청콩이 다른 품종과는 달리 지역별로 파종기에 따라 서로 다른 경향을 보였기 때문인데, 연천에서는 파종기가 늦어질수록 안토시아닌 함량이 적었고, 예산에서는 파종기가 지연될수록 증

Table 2. Mean value of anthocyanin contents according to planting date for 3 years in 3 black colored soybeans (unit : mg/g, D.W).

Cultivar	Planting Date	D3G (A)	C3G (B)	Pt3G (C)	Total (A+B+C)
Ilpumgeom-jeong-kong	May 15	2.62a [†]	7.23b	0.77a	10.62b
	May 30	2.79a	8.25a	0.86a	11.90a
	June 15	2.65a	8.86a	0.71a	12.22a
	Mean	2.69	8.11	0.78	11.58
Cheongja-kong	May 15	2.36a	7.96a	0.56a	10.88a
	May 30	2.00a	7.21b	0.53a	9.74b
	June 15	2.20a	8.45a	0.34b	10.99a
	Mean	2.18	7.87	0.49	10.54
Heugcheong-kong	May 15	0.73b	2.36a	0.15a	3.24b
	May 30	0.78b	2.44a	0.21a	3.43ab
	June 15	0.93a	2.64a	0.21a	3.78a
	Mean	0.81	2.48	0.19	3.48

[†]Means followed by common letter within a cultivar are not significantly different 5% level by LSD.

C3G : Cyanidin-3-glucoside; D3G : Delphinidin-3-glucoside; Pt3G : Petunidin-3-glucoside

Table 3. Mean value of anthocyanin contents according to locations for 3 years in 3 black colored soybeans (unit : mg/g, D.W).

Cultivar	Location	D3G (A)	C3G (B)	Pt3G (C)	Total (A+B+C)
Ilpumgeom-jeong-kong	Yeonchun	2.88a [†]	9.53a	1.19a	13.60a
	Yesan	2.51b	7.03b	0.49b	10.03b
	Jinju	2.67ab	7.78b	0.67b	11.12b
	Mean	2.69	8.11	0.78	11.58
Cheongja-kong	Yeonchun	2.39a	9.43a	0.67a	12.49a
	Yesan	2.07a	7.38ab	0.43b	9.88b
	Jinju	2.09a	6.81b	0.34b	9.24b
	Mean	2.18	7.87	0.49	10.54
Heukchung-kong	Yeonchun	0.74b	2.53a	0.18a	3.45a
	Yesan	1.01a	2.67a	0.19a	3.87a
	Jinju	0.70b	2.24b	0.20a	3.14b
	Mean	0.81	2.48	0.19	3.48

[†]Means followed by common letter within a cultivar are not significantly different 5% level by LSD.

C3G : Cyanidin-3-glucoside; D3G : Delphinidin-3-glucoside; Pt3G : Petunidin-3-glucoside

가된 것에 비하여 진주에서는 유의한 차가 없었다. 따라서 흑청콩은 다른 2 품종에 비해 안토시아닌 함량에서 환경변이가 더욱 크다는 것을 알 수 있었다.

지역별 파종기에 따른 안토시아닌 함량 분석 결과를 Table 4에 나타내었다.

연천, 예산, 진주 등 3지역 모두 6월 15일 파종기가 안토

Table 4. Mean value of anthocyanin contents in 3 black colored soybeans according to planting date at 3 locations for 3 years (unit : mg/g, D.W).

Location	Planting Date	D3G (A)	C3G (B)	Pt3G (C)	Total (A+B+C)
Yeonchun	May 15	2.08a [†]	7.22ab	0.84a	10.14a
	May 30	1.96a	6.59b	0.53b	9.08b
	June 15	1.97a	7.69a	0.66b	10.32a
	Mean	2.00	7.17	0.68	9.85
Yesan	May 15	1.79a	5.25b	0.45a	7.49b
	May 30	1.80a	5.55b	0.42a	7.77b
	June 15	2.00a	6.28a	0.23b	8.51a
	Mean	1.86	5.69	0.37	7.92
Jinju	May 15	1.84a	5.09b	0.18c	7.11b
	May 30	1.81a	5.76a	0.65a	8.22a
	June 15	1.80a	5.98a	0.39b	8.17a
	Mean	1.82	5.61	0.40	7.83

[†]Means followed by common letter within location are not significantly different 5% level by LSD.

C3G : Cyanidin-3-glucoside; D3G : Delphinidin-3-glucoside; Pt3G : Petunidin-3-glucoside

Table 5. Mean value of anthocyanin contents according to different planting date from 3 cultivars grown at 3 locations for 3 years (unit : mg/g, D.W).

Planting Date	D3G(A)	C3G(B)	Pt3G(C)	Total (A+B+C)
	Mean ± SD (Range)	Mean ± SD (Range)	Mean ± SD (Range)	Mean ± S D (Range)
May 15	1.90ab [†] ±0.72 (0.73~2.62)	5.85b±2.15 (2.36~7.23)	0.49ab±0.22 (0.14~0.84)	8.24b±3.06 (3.24~10.62)
May 30	1.85b±0.71 (0.78~2.79)	5.97b±2.19 (2.44~8.25)	0.53a±0.23 (0.20~0.87)	8.36b±3.11 (3.43~11.90)
June 15	1.93a±0.63 (0.93~2.65)	6.65a±2.45 (2.64~8.86)	0.42b±0.18 (0.21~0.71)	9.00a±3.22 (3.78~12.22)

[†]Means followed by common letter are not significantly different 5% level by LSD.

C3G : Cyanidin-3-glucoside; D3G : Delphinidin-3-glucoside; Pt3G : Petunidin-3-glucoside

시아닌 함량이 높은 경향이였다. 진주에서는 5월 30일 파종이 8.22 mg/g 으로 6월 15일의 8.17 mg/g 보다 높았으나 두 파종기간에 유의성이 없었으며, 5월 15일 파종기의 7.11 mg/g과는 유의성이 있었다. 예산에서는 파종기 5월 30일과 5월 15일간에 유의성이 없었다. 연천에서는 6월 15일 파종이 제일 높았으나 5월 15일과는 유의성이 없었으며, 5월 30일 파종기의 함량이 제일 낮았다. 연천에서 5월 30일 파종기 함량이 낮은 것은 전술한 바와 같이 기상요인의 악화가 원인인 것으로 판단된다. 공시품종과 파종기를 망라한 지역별 검정콩 안토시아닌의 평균 함량은 연천(9.85 mg/g) > 예산(7.92 mg/g) > 진주(7.83 mg/g) 순으로 나타났다. Table 5는 품종 및 지역성적을 종합하여 파종기별 안토시아닌 함량을 분석한 결과이며, 상기한 바와 같이 6월 15일 파종구

Table 6. Regression analysis between anthocyanin contents and meteorological factors.

Cultivar	Meteorological factors	Regression formular	Correlation coefficient
Ilpumgeom-jeong-kong	Mean temperature	y=-1.397x+44.823	-0.76*
	Accumulated temperature	y=-0.005x+19.803	-0.73*
	Daily temperature difference	y= 1.773x- 5.403	0.75*
	Integrated sunshine hours	y=-0.002x+12.374	-0.09 ^{ns}
Cheongja-kong	Mean temperature	y=-1.468x+44.357	-0.81**
	Accumulated temperature	y=-0.007x+21.595	-0.71*
	Daily temperature difference	y= 1.733x- 7.025	0.82**
	Integrated sunshine hours	y=-0.009x+14.443	-0.44 ^{ns}
Heugcheong-kong	Mean temperature	y=-0.139x+ 6.589	-0.30 ^{ns}
	Accumulated temperature	y=-0.001x+ 5.761	-0.47 ^{ns}
	Daily temperature difference	y= 0.066x+ 2.783	0.13 ^{ns}
	Integrated sunshine hours	y=-0.004x+ 5.274	-0.59 ^{ns}

*, **Significantly different at 0.05, 0.01 provability level; ns : not significant

에서 D3G, C3G 및 총 안토시아닌 함량이 다른 파종시기보다 높았다. 단, Pt3G의 경우는 5월 30일 파종구에서 안토시아닌 함량이 높게 나타났다. 이상의 결과는 안토시아닌 함량은 Park (2003)이 품종, Jung *et al.* (1996)이 생육일수, Jung *et al.* (1996)과 Park (2003)이 파종시기에 의해 영향을 받는다는 보고와 유사한 경향이었다.

검정콩 총 안토시아닌 함량과 생육기간 중 평균기온, 적산온도, 일교차, 일조시수 등 기상요인과의 회귀분석을 Table 1의 결과를 토대로 실시한 결과를 Table 6에 나타내었다. 적산온도는 평균기온을 생육일수로 곱하였으며, 일교차는 최고온도와 최저온도의 차이로 계산하였다.

안토시아닌 함량과 기상요인과의 반응을 품종별로 분석한 결과 품종에 따라 다소 다른 경향을 나타내었다. 기상요인에 따른 상관계수는 일품검정콩이 -0.09~0.75, 청자콩이 -0.44~0.82로 나타났으며, 일품검정콩과 청자콩은 평균기온, 적산온도와 부의상관을, 평균일교차와는 정의상관을 보인 반면 일조시수와는 상관관계가 인정되지 않았다. 한편 흑청콩은 평균기온, 적산온도, 평균일교차, 일조시수 등 기상요인 전부가 상관관계가 인정되지 않았다. 이상을 종합해 본다면 품종에 따라 약간의 반응은 차이가 있으나 검정콩의 안토시아닌 함량 증대를 위해서는 등숙기간 중 평균기온이 낮으며, 일교차가 큰 지역에서 재배하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

안토시아닌 고함유 검정콩 품종 육성을 위하여 안토시아닌 함량을 간접적으로 표시할 수 있는 가능성을 확인하고자 Hunter 색차값과 안토시아닌 함량과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 7과 같다.

L 값과 b 값은 개별 안토시아닌 및 총 안토시아닌 함량과 고도의 부의 상관을 나타낸 반면, a 값은 고도의 정의 상관을 보였다. 이와 같은 결과는 고 안토시아닌 함유 품종 육성 시 안토시아닌 함량 분석에 소요되는 인력과 경비를 줄여 경제성을 높일 수 있는 방편으로 색차계를 이용한 색차값으

로도 고안토시아닌 함유 품종 선발이 가능하리라 판단되나 보다 정밀한 관계를 구명하기 위해서 추후 면밀한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

적 요

검정콩 함유 안토시아닌 함량의 환경 변이 특성을 구명하고자 검정콩의 재배 지역과 파종기를 달리하며 안토시아닌 함량을 분석한 결과 안토시아닌 함량은 지역, 품종 및 파종기 모두에 영향을 받는 것으로 나타났다. 품종별로는 일품검정콩의 평균 안토시아닌 함량이 11.58 mg/g으로 제일 높았으며, 지역에서는 연천에서 재배한 품종들의 평균 함량이 9.85 mg/g으로 제일 높았다. 파종기에서는 6월 15일 파종이 9.00 mg/g, 5월 30일 8.36 mg/g, 5월 15일 8.24 mg/g으로 나타나 만식재배가 안토시아닌 함량 제고에 유리할 것으로 판단되었다. 검정콩 안토시아닌의 색도와 안토시아닌 함량과의 상관을 분석한 결과 L (명도)과 b (적색도)값은 안토시아닌 개별색소 및 총 안토시아닌 함량과 고도의 부의 상관을 보인 반면, a (적색도)값은 고도의 정의 상관을 나타내었다. 검정콩 안토시아닌 함량과 기상요인의 관계를 분석한 결과, 일품검정콩과 청자콩은 평균기온 및 적산온도와 부의 상관, 평균일교차와는 정의 상관을 보였다. 따라서 안토시아닌 고함유 검정콩 생산을 위해서는 등숙기간 중 평균기온이 낮고 일교차가 큰 지역에서 생산하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 순천향대학교 교내연구비와 농림기술관리센터의 농업특정연구비(106041-03-3-CG000)로 수행되었습니다.

인용문헌(REFERENCES)

Bae, E. A. and G. S. Moon. 1997. A study of the antioxidative activities of Korean soybeans. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26 : 203-208.

Baek, I. Y., S. T. Kang, D. C. Shin, M. G. Choung, W. Y. Han, Y. H. Kwak, and H. P. Moon. 2001. A new black soybean variety with green cotyledon, early maturity and large seed size "Cheongjakong". *Korean J. Breed.* 33(3) : 240-241.

Choung, M. G., I. Y. Baek, and S. T. Kang. 2001. Isolation and determination of anthocyanins in seed coats of black soybean. *J. Agr. Food Chem.* 49 : 5848-5851.

Chung, K. W., Y. H. Joo, and D. J. Lee. 2004. Content and color difference of anthocyanin by different storage periods in seed

Table 7. Correlations between Hunter's value and anthocyanin contents.

	D3G(A)	C3G(B)	Pt3G(C)	Total (A+B+C)
L (lightness)	-0.6779**	-0.6410**	-0.5617**	-0.6509**†
a (redness)	0.5935**	0.5612**	0.5215**	0.5711**
b (yellowness)	-0.5340**	-0.5194**	-0.4814**	-0.5248**

** : Significantly different at 0.01 provability level.
 C3G : Cyanidin-3-glucoside; D3G : Delphinidin-3-glucoside;
 Pt3G : Petunidin-3-glucoside

- coats of black soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. Kor. J. Int. Agri. 16 : 196-199.
- Harborne, J. B. and C. A. Wiliam. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*. 55 : 481-504.
- Ha, K. S., N. K. Heo, and T. J. Han. 2002. A green seed soybean variety "Heugcheongkong" with black seed coat. *Korean J. Breed.* 34(1) : 80-81.
- Harborne, J. B., 1988. Introduction to ecological biochemistry. 3rd ed. Academic press. London.
- 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 : 302-307.
- Kanatt, S. R., R. Chander, P. Radhakrishna, and A. Sharma. 2005. Potato peel extract a natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in radiation processed lamb meat. *J. Agric. Food Chem.* 53 : 1499-1504.
- Kim, S. L., J. J. Hwang, J. Song, and K. H. Jung. 2000. Extraction, purification and quantification of anthocyanins in colored rice, black soybean, and black waxy corn. *Korean J. Breed.* 32(2) : 146-152.
- Kim, Y. H., J. H. Lee, Y. S. Lee, and H. T. Yun. 2006. Antioxidant activity and extraction efficiency of anthocyanin pigments in black colored soybean. *K. Soybean Digest.* 23 : 1-9.
- Kong, J. M., L. S. Chia, N. K. Goh, T. F. Chia, and R. Brouillard. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*. 64 : 923-933.
- 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.
- Plochmann, K., G. Korte, E. Koutsilieri, E. Riehling, P. Riederer, A. Rethwilm, P. Schreier, and C. Scheller. 2007. Structure-activity relationships of flavonoid-induced cytotoxicity on human leukemia cells. *Arch Biochem Biophys.* 460(1) : 1-9.
- Prior, R. L., X. Wu, and K. Schaich. 2005. Standardized method for determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and biological and food samples. *J. Agric. Food Chem.* 53 : 4290-4302.
- Shin, D. C., I. Y. Baek, C. K. Park, S. T. Kang, S. B. Song, S. O. Hur, Y. H. Kwack, Y. J. Oh, and Y. H. Hwang. 1998. A new early maturity, disease and lodging resistance, high yielding and black seed coat soybean variety "Ilpumgeomjeongkong". *Korean J. Breed.* 30(4) : 398-398.
- Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and straeberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem.* 48 : 140-146.
- Yang, C. S., J. M. Landau, M. T. Huang, and H. L. Newmark. 2001. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annu. Rev. Nutr.* 21 : 381-406.