종피가 터지지 않고 탈립에 강한 녹자엽 검정콩 ‘청자4호’

김현태 · 한원영 · 서정현* · 강범규 · 신상욱 · 김홍식 · 이영훈 · 이병원 · 윤홍태 · 박장환 · 곽도연

농촌진흥청 국립식량과학원

Pod Shattering Tolerant Black Soybean Cultivar ‘Cheongja4’ with Green Cotyledon and without Seed Coat Cracking

Hyun Tae Kim, Won Young Han, Jeong Hyun Seo*, Beom Kyu Kang, Sang Ouk Shin, Hong Sik Kim,

Yeong Hoon Lee, Byoung Won Lee, Hong Tai Yun, Chang Hwan Park, and Do Yeon Kwak

National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Jeonju 55365, Korea

Abstract ‘Cheongja4’ is a black soybean cultivar developed via a cross between ‘Milyang148’ and ‘Daemang’ in 2005. F₁ and F₂ populations were grown for 2 years, and promising lines were selected using the pedigree method from F₃ to F₅. The preliminary yield trial (PYT) and advanced yield trials (AYT) were conducted from 2011 to 2012, and regional yield trial (RYT) in 7 regions was conducted from 2013 to 2015. ‘Cheongja4’ is determinate and has purple flowers, a green cotyledon, and black spherical seeds. Flowering date and maturing date were Aug. 5 and Oct. 19, respectively. With respect to its quantitative characteristics, ‘Cheongja4’ has more pods (50) and smaller seed size (30.1g/100-seed weight) than ‘Cheongja3’ (38 and 35.2g/100-seed weight). ‘Cheongja4’ was revealed to be more tolerant to pod shattering than ‘Cheongja3’ in RYT field and indoor test. ‘Cheongja4’ had high levels of resistance to bacterial pustule and soybean mosaic virus in field and inoculation test. Although its seed quality-related characteristics were similar to those of ‘Cheongja3’, it contained more anthocyanin in the seed coat; this is the main functional component of black soybean. The mean yield of ‘Cheongja4’ in RYT was 314kg/10a, 123% of the yield of ‘Cheongja3’. ‘Cheongja4’ is expected to be widely used for variable functional purposes, such as cooking with rice and the production of processed food.

Keywords Soybean, Cultivar, Cheongja4, Green cotyledon, Black seed coat

Received on May 10, 2018. Accepted on July 20, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: next0501@korea.kr, Tel: +82-55-350-1236, Fax: +82-55-353-3050)

서 언

콩(*Glycine max* (L.) Merr.)은 한반도 북부가 원산지인 작물로 서 약 5,000년 전부터 재배가 시작되었다. 콩 종자에는 양질의 단백질과 지방이 다량 함유되어 있으며 이러한 성분 조성의 특이성으로 인하여 콩은 다양한 용도의 원료곡으로 사용되어 왔다. 우리나라에서는 특히 전통 장류, 두부, 콩나물 등 각종 가공식품의 원료곡으로서 주식인 쌀의 부족한 영양분을 채워주는 역할을 해왔다. 이중에서도 검정콩은 콩의 한 종류로서 종피색이 검은색인 콩을 말하며 일반콩과 달리 예로부터 혼반용, 자반용, 떡소용 등 종실 자체를 소비하는 형태로 발전해왔다. 따라서 종실의 외관이 일반콩에 비해 매우 중요한 구매 요인으로 작용하고 있으며 특히 소비자들은 종피 안의 자엽색이 녹색인 콩을 선호한다(Kim et al. 2006).

이처럼 자엽의 색이 녹색이면서 종실이 크고 숙기가 늦은 재래종 검정콩을 ‘서리태’라고 부르며 무름성이 좋고 당도가 높아 주로 혼반용으로 선호도가 높다(Kim et al. 2006). 국내에서 검정콩은 주로 이러한 재래종 서리태를 개량하는 것을 목표로 꾸준히 연구되어 왔으며 특히 서리태가 가지고 있는 농업적 불량 형질인 쓰러짐, 탈립 등의 형질을 개선하는 것을 주된 목표로 육종 연구 사업을 진행해왔다. 국내에서는 최초의 녹자엽 검정콩 품종인 ‘청자콩’(Baek et al. 2001)을 시작으로 녹자엽 검정콩 개발을 시작하였으며(Han et al. 2017), 이후 ‘청자2호’(Baek et al. 2004), ‘청자3호’(Yun et al. 2005) 등이 개발되었다.

우리나라 2017년 콩의 재배면적은 약 45,000 ha로 2012년 이후 꾸준한 감소추세를 보이고 있으며 콩 가공품의 국산 원료 비중은 2015년 기준 5.9%에 불과하다(KREI 2018). 이러한 현상의 주요인은 콩의 수익성 감소로 인한 재배 기피와 저렴한 수입산

원료 사용의 증가 때문이다. 따라서 국산콩의 수익성을 향상시키고 수입산 콩에 대한 경쟁력을 갖게 하기 위해서는 콩의 용도 다변화를 통한 새로운 수요를 창출하는 것이 필요하다.

검정콩은 종피에 함유되어 있는 각종 기능성 성분과 그 효능들이 연구되면서 건강 기능성 식품으로서 인식되고 있으며(Kim et al. 2008, Chung et al. 2011, Jeon et al. 2011, Jeong et al. 2014), 일반콩에 비하여 높은 시장가격을 형성하고 있다. 최근에는 기존의 혼반용, 반찬용으로만 활용되었던 검정콩의 용도를 넘어서 두부, 두유, 생청국장 등 각종 콩 가공식품으로 보다 높은 가격을 받으며 판매되고 있고 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Im & Kim 2003, Kim & Jeon 2005, Bang & Jeong 2007, Kim et al. 2011, Song et al. 2011). 이러한 검정콩의 소비 잠재력에 대응하기 위해서는 안정적인 원료공급을 공급하는 것이 중요하다. 기존의 재래종 서리태와 개발된 검정콩 품종들은 탈립, 도복 등 재해에 취약하거나 숙기가 늦어 안정적인 수확이 힘든 경우가 많았다. 이러한 서리태를 개량한 검정콩 품종 중

가장 널리 보급되어 있는 것은 2004년 개발된 ‘청자3호’이지만 환경에 따른 종피의 열피현상, 성숙기 탈립 등 불량 형질이 발견되어 재배 및 유통 과정에 어려움을 겪고 있다.

이에 농촌진흥청 국립식량과학원에서는 ‘청자3호’의 불량 형질인 종피의 열피현상이 개선되고 성숙기 꼬투리 탈립에 강하여 재배특성이 우수한 품종인 ‘청자4호’를 개발하여 그 육성과정과 특성에 대해 소개하고자 한다.

재료 및 방법

육성과정

‘청자4호’는 녹자엽 대립 검정콩 품종육성을 목표로 하여 100립중이 22.0 g으로 중립인 녹자엽 검정콩 ‘밀양148호’를 모본으로, 100립중이 31.4 g으로 대립인 두부·장류용 콩 ‘대망’(Yun et al. 2005)을 부본으로 2005년에 인공교배하였다(Fig. 1). '06-'07년도에 F₁, F₂ 세대를 양성하고, F₃부터 계통육종법으로 선발한

Fig. 1. Genealogy of ‘Cheongja4’.

Year	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
Milyang148				1		1					
Daemang				62	5	3	6	3			
×	YS1758 → Bulk	→ Bulk	→ 37	→ 1	→ 2	→ 1	→ 1	→			
										Milyang263	
											Cheongja4
remark	Pedigree selection				PYT ^z		AYT ^y	RYT ^x			

Fig. 2. Pedigree diagram of ‘Cheongja4’, z: Preliminary yield trial, y: Advanced yield trial, x: Regional yield trial.

YS1758-2B-37-1-2-1-1 계통이다. '11-'12년도 에 실시한 생산력 검정시험에서 불마름병 등에 강하고 대립인 녹자엽 검정콩으로 유망시되어 '밀양263호'의 계통명을 부여한 후 '13-'15년 3년 동안 지역적응시험을 실시한 결과, 녹자엽 대립인 검정콩으로서 탈립에 매우 강한 특성을 나타내어 2015년 12월 농작물직무육성 신품종선정위원회에서 품종으로서 가치가 인정되어 '청자4호'로 명명하였다(Fig. 2).

생산력검정시험

2011년 생산력검정예비시험(PYT, Preliminary Yield Trial), 2012년 생산력검정본시험(AYT, Advanced Yield Trial)을 수행하였다. 생산력검정예비시험은 시험구 면적 8.4 m², 재식거리 70×15 cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 2반복으로 배치하였다. 생산력검정본시험은 시험구 면적 11.2 m², 재식거리 70×15 cm, 1주2본으로 재배되고 난괴법 3반복으로 배치하였다. 생육특성과 수량성은 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 조사하였다(RDA 2012).

지역적응시험

지역적응시험(RYT, Regional Yield Trial)은 수원, 춘천, 연천, 나주, 달성, 예산, 칠곡 등 7개 지역에서 2013년부터 2015년까지 3년 간 수행되었다. 재배방법은 시험구 면적 11.2 m², 재식거리 70×15 cm, 1주2본으로 재배되고 달성과 수원 지역은 난괴법 4반복으로 배치하였으며 이외 지역은 난괴법 3반복으로 배치하였다. 파종기는 6월 중순이며 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 생육특성 및 수량성을 조사하고, 대비품종인 '청자3호'와 비교하였다.

내병성 검정

병해 검정을 위해 5월 상순에 검정포장에 파종하여 콩모자이크바이러스와 불마름병의 자연 이병률을 조사하였다. 콩모자이크바이러스병 저항성 검정을 위해 각 시험 전년도에 접종 및 증식한 후 저온 보관해둔 콩모자이크바이러스 G5 (Lim et al. 2003), G6H (Seo et al. 2009), G7H (Kim et al. 2003) 균계를 지닌 잎을 마쇄하여 2 mole 농도의 인산 나트륨 버퍼에 녹인 후 즙액을 만들고, 온실에서 초생엽 전개시 Carborandom을 이용하여 잎 표면에 상처를 낸 후 접종하였다. 접종 2주 경과 후 접종한 하위엽을, 10일 뒤 접종한 상위 엽을 병반 없음(-), 갈색 병반(L), 엽맥 병반(V), 모자이크 증상(M), 고사(N) 등 5 가지 병징으로 구분하고 조사하였다. 불마름병 저항성 검정을 위해

8ra를 증식하여 증류수에 희석하여 OD값 0.2-0.3으로 농도를 맞추어 제2분엽기에 충분히 분무 집중하고 습식처리 하였다. 균주 접종 후 10일이 경과하고 2회에 걸쳐 잎에 나타난 병징 발현 정도를 조사하였다.

내도복성 및 내탈립성 검정

내도복성 검정을 위해 2 수준의 70×15 cm(표준)와 70×7.5 cm(2배 밀식)를 설정하고 난괴법 2반복으로 배치하여 도복 정도를 조사하였다. 도복 정도는 성숙기에 45° 이상 기울어진 개체의 비율로 등급화(1: 5% 이하, 3: 6~10%, 5: 11~50%, 7: 51~75%, 9: 76% 이상)하였다. 반복 및 연차간 도복 정도 등급을 평균하여 반올림 후 1~9로 최종등급을 표시하였다. 협개열성 정도는 내도복성 검정 시험구에서 각 계통별 꼬투리 30개를 성숙기에 채취하여 40℃ 건조기에 48시간 건조한 후 꼬투리의 개열 정도를 조사하였다(Kang et al. 2005).

품질 분석

단백질 함량은 질소 분석기(Elementar Analysen system, US/RapidN111, Germany)를 이용하여 분석하였으며 지방 함량은 자동유지추출장치(Soxhlet System: BUCHI Labortechnik, B-811, AG, Switzerland)에 넣고 n-hexane으로 3시간 열수 추출한 후 지방 함량을 구하였다.

당 성분 분석은 분쇄한 시료 1 g을 정밀히 칭량하여 튜브에 넣은 후 70% 에탄올 10 ml를 첨가하여 실온에서 shaking 하여 전처리물을 추출하였다. 추출된 시료를 24시간 후 여과하여 증류수와 여과된 시료 각 0.7 ml를 마이크로튜브에 혼합하여 이중 0.7 ml를 액체크로마토그래피(Dionex, Ultimate 3000, USA)에 넣고 분석하였다.

이소플라본 성분 함량 분석을 위해 분쇄한 시료 1.0 g을 50% methanol 용액 20 mL에 12시간 실온에서 교반한 뒤 추출액을 여과지(Whatman NO. 2)를 이용하여 여과하였다. 여과된 시료는 다시 HPLC 분석을 위해 0.2 µm 필터를 하였다. 이소플라본 분석은 액체크로마토그래피(Agilent, 1100, USA)로 분석하였다.

안토시아닌 분석을 위하여 콩 껍질 0.1 g을 정밀히 칭량하여 튜브에 넣고 40% 메탄올 용매 30 ml를 첨가하여 4℃ 200 rpm에서 48시간 shaking 하여 추출하였다. 추출된 시료용액을 No2 여과지로 여과한 후 여액 1.0 ml를 취하여 0.45 µm 필터로 여과하였고 안토시아닌은 액체크로마토그래피(Dionex, Ultimate 3000, USA)로 분석하였다.

수분흡수율은 건조 종자 50립의 무게를 잴 후 상온의 물에

침중하여 2, 6, 12시간 후 무게를 각각 측정하여 구하였으며((침중후 종자무게-침중전 종자무게)/침중전 종자무게×100%), 12시간 후 부풀지 않은 종자 수를 세어 경실종자 비율을 구하였다.

결과 및 고찰

고유특성 및 생육특성

‘청자4호’는 유한신육형 초형으로 꽃색은 자색, 엽형은 난형, 모용색은 갈색, 협색은 갈색, 종실은 구형이며 종피색은 검정이다(Table 1). 표준품종인 ‘청자3호’와 달리 종피의 피분이 없는 특징이 있으며 열피현상이 나타나지 않는다(Fig. 3), 자엽색은 녹색으로 소비자의 기호에 알맞은 특징을 가지고 있다. 개화기는 8월 5일, 성숙기는 10월 19일인 중만생종이다. 경장, 마디수, 협수, 협고는 각각 72 cm, 16개, 50개, 19 cm로 표준 품종인 ‘청자3호’에 비해

협수가 많고 협고가 높은 특징이 있으며, 100립중이 30.1 g으로 ‘청자3호’에 비해 약 5 g 작은 중대립종이다(Table 2).

내도복 · 내탈립 및 내병성

‘청자4호’는 시험 포장과 밀식 검정 포장에서 각각 2, 4로 평가되어 ‘청자3호’(2,4)와 같이 도복에 강한 것으로 나타났다. 협개열성 정도는 포장에서 2로 평가되고 실내검정에서 7.0%로 측정되어 ‘청자3호’(75.2%)보다 탈립에 매우 강하였다(Table 2). ‘청자4호’의 불마름병 저항성은 시험포장 및 인공접종시에 ‘청자3호’보다 강하였고, 콩모자이크바이러스 접종시에 모자이크 증상이 나타났으나 검정포장에서는 나타나지 않았다. 검은뿌리썩음병에는 다소 취약한 특성을 나타내었다(Table 3).

Fig. 3. Pictures of ‘Cheongja4’ in the comparison of seed coat cracking (left) and at the maturing stage in the field (right).

Table 1. Qualitative characteristics of ‘Cheongja4’.

Cultivar	Growth habit	Leaflet shape	Flower color	Pubescence color	Seed coat color	Cotyledon color	Seed shape
Cheongja4	Determinate	Oval	Purple	Brown	Black	Green	Spherical
Cheongja3	Determinate	Oval	Purple	Brown	Black	Green	Spherical

Table 2. Mean values of quantitative characteristics of ‘Cheongja4’ in the regional yield trial from 2013 to 2015.

Cultivar	Flowering Date (Month. Day)	Maturity Date (Month. Day)	Height (cm)	No. of nodes	No. of branches	No. of pods	First pod height (cm)	100-seed weight (g)	Lodging at field (1-9) ^z		Shattering	
									Normal culture	Dense culture	Field (1-9) ^z	Ratio by Oven test(%) ^y
Cheongja4	8.5	10.19	72a ^x	16a	2.9b	50a	19a	30.1b	2	4	2	7.0
Cheongja3	7.30	10.16	75a	16a	3.4a	38b	13b	35.2a	2	4	4	75.2

^z(1) Tolerant ~ (9) Susceptible.

^ythe ratio of shattered pod by dry oven test at 40°C for 48hr.

^xsame letters were not significantly different between ‘Cheongja4’ and ‘Cheongja3’ by student t-test at 0.05.

Table 3. The resistance of 'Cheongja4' to the diseases of soybean evaluated from 2013 to 2015.

Cultivar	Bacterial Pustule (0-9) ^z		Soybean Mosaic Virus ^y				Root rot (%) ^x
	Field	Inoculation	Inoculation			Field(0-9) ^z	
			G5	G6H	G7H		
Cheongja4	0	3	M / M	- / M	- / M	0	3.0
Cheongja3	1	5	- / M	- / M	- / M	1	1.1

^z(0) Tolerant~(9) Susceptible.

^yReaction of inoculated leaf/upper leaves, (-) No symptom, (L) Local reaction, (M) Mosaic.

^xRoot rot and damaged seed that were naturally infected in the field were estimated.

Table 4. Seed quality-related characteristics of 'Cheongja4' evaluated from 2013 to 2015.

Cultivar	Crude Protein (%)	Crude Oil (%)	Hard seed ratio (%)	Ratio of water absorption (%)			Sugar content (mg/g)		Anothocyanin content (μg/g)	
				2hr	6hr	12hr	Sucrose	Total	Cy3glc	Total
Cheongja4	40.2a ^z	17.9a	1.7a	119a	156a	184a	56.9a	101.5a	18,513a	25,366a
Cheongja3	41.4a	17.2a	0.0a	139a	182a	194a	60.0a	106.5a	15,978a	23,972a

^zsame letters were not significantly different between 'Cheongja4' and 'Cheongja3' by student t-test at 0.05.

Table 5. Yield of 'Cheongja4' in the preliminary and advanced yield trials in Daegu.

Cultivar	Yield (Ton/ha)			Index ^x
	PYT('11) ^z	AYT('12) ^y	Mean	
Cheongja4	291	277	284	125
Cheongja3	243	210	227	100
t-value ^w	-11.03**	-3.77*	-	-

^z(PYT) preliminary yield trial.

^y(AYT) advanced yield trial.

^x(Index) mean yield of 'Cheongja4'/mean yield of 'Cheongja3' × 100.

^w ** and * denote significantly different between 'Cheongja4' and 'Cheongja3' at 0.01 and 0.05 by student t-test, respectively.

Table 6. Yield of 'Cheongja4' in the regional yield trials at 7 locations.

Location	Cheongja4					Cheongja3			
	2013	2014	2015	Mean	Index ^z	2013	2014	2015	Mean
Suwon	351	316	275	314	141	211	243	212	222
Chuncheon	308	273	- ^y	291	104	320	239	-	280
Yeoncheon	279	254	218	250	98	260	281	228	256
Dalseong	319	320	333	324	133	235	208	290	244
Yesan	241	185	284	237	144	124	182	189	165
Naju	451	301	484	412	122	399	245	369	338
Chilgok	394	356	345	365	122	376	281	240	299
Mean	335	286	323	314	123	275	240	255	257
t-value ^x	-4.71**								

^z(Index) mean yield of 'Cheongja4' / mean yield of 'Cheongja3' × 100.

^ydeletion due to the growth disorder caused by poor decomposed compost.

^x ** denotes significantly different between 'Cheongja4' and 'Cheongja3' at 0.01 by student t-test.

종신품질 및 가공적성

‘청자4호’의 조단백질 함량은 40.2%로 ‘청자3호’ 보다 0.8% 낮았고, 조지방 함량은 17.9%로 0.7% 높았지만 이에 대한 통계적 유의성은 없었다. 수분흡수율은 12시간 184%로 ‘청자3호’(194%)와 비슷하였고, 경실종자는 없었다. 종실의 총 당함량은 101.5 mg/g, sucrose 함량은 56.9 mg/g으로 ‘청자3호’에 비해 다소 낮았으나, 종피의 총 안토시아닌 함량은 25,366 µg/g으로 ‘청자3호’(23,972 µg/g)에 비해 높았다(Table 4).

수량성

‘청자4호’는 ‘11-’12년 2년 간 생산력검정시험에서 284 kg/10a의 수량성을 나타내어 표준품종인 청자3호에 비해 25% 증수하였다(Table 5). ‘13-’15년 3년 간 지역적응시험 결과 전국 7개소 평균 314 kg/10a로 ‘청자3호’(257 kg/10a) 보다 23% 증수된 수량성을 보였고 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(Table 6).

재배상의 유의점

종실의 크기가 다소 작은 단점이 있으므로 6월 상~중순경 파종하고 극만파를 지양하여 종실무게가 감소되지 않도록 해야 하며 검은뿌리썩음병에 약하므로 배수가 불량한 포장에서의 재배를 삼가고 배수관리를 철저히 해야 한다.

적 요

‘청자4호’는 대립인 녹자엽 검정콩 품종육성을 목표로 2005년에 ‘밀양148호’를 모본으로 ‘대망’을 부본으로 교배하여 계통육종법에 의해 선발되었다. ‘11-’12년도에 실시한 생산력검정시험에서는 대립인 녹자엽 검정콩으로 탈립 및 도복에 강하여 ‘밀양263호’의 계통명을 부여하였고, ‘13-’15년 3년 간 7개소에서 수행한 지역적응시험 결과 대립인 녹자엽 검정콩으로 탈립에 매우 강한 특성을 나타내어 ‘청자4호’로 명명되었다.

‘청자4호’는 유한신육형, 화색이 자색, 종피는 검은색, 자엽색은 녹색이면서 구형인 검정콩 품종이다. 개화기는 8월 5일, 성숙기는 10월 19일로 중만생종이며, 협수가 ‘청자3호’에 비해 많고 협고가 높은 특성이 있다. 100립중은 ‘청자3호’에 비하여 5 g 작았다. 도복 정도는 시험포장과 밀식 검정포장에서 ‘청자3호’와 비슷하여 강하였고, 협개열성 정도는 실내 검정에서 ‘청자3호’에 비해 매우 낮았다. 불마름병, 콩모자이크바이러스 등 병해에 ‘청자3호’와 대등하거나 더 강하였으나, 검은뿌리썩음병에 다소

취약한 특성을 나타내었다. ‘청자4호’는 12시간 침종 후 경실종자가 없었으며, 당함량은 다소 낮았으나 검정콩의 기능성 성분인 안토시아닌 함량이 ‘청자3호’ 보다 높았다. 수량성은 전국 7개 지역 평균 314 kg/10a로 청자3호 보다 23% 증수 되었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제명: 콩 전통식품 가공적성 신품종 육성(2단계), 과제번호: PJ01122503)의 지원에 의해 수행되었다.

REFERENCES

1. Baek IY, Kang ST, Shin DC, Choung MG, Han WY, Kwack YH, Moon HP. 2001. A new black soybean variety with green cotyledon, early maturity and large seed size ‘Cheongjakong’. Korean J Breed Sci 33: 250-241.
2. Baek IY, Han WY, Kang ST, Shin DC, Choung MG, Oh SK, Shin SO, Suh DY, Kim SC. 2004. A new black soybean cultivar, “Cheongja2” with green cotyledon, early maturity and high anthocyanin. Korean J Breed 36: 385-386.
3. Bang BH, Jeong EJ. 2007. A study on manufacturing black soybean yogurt. Korean J Food & Nutr 20: 289-294.
4. Chung MJ, Ha TJ, Choi HN, Lee JS, Park YI. 2011. Inhibitory effects of anthocyanins isolated from black soybean (*Glycine max* L.) seed coat on degranulation and cytokine generation in RBL-2H3 cells. J Korean Soc Food Sci Nutr 40: 1662-1667.
5. Han WY, Seo JH, Kang BK, Kim HT, Shin SO, Kim HS, Lee YH, Lee BW, Ha TJ, Seo MJ, Baek IY, Ko JM, Kwak DY. 2017. Green seed-coat colored soybean variety ‘Jungmo3005’ with tolerance to lodging and shattering. Korean J Breed Sci 49: 273-279.
6. Im JG, Kim YH. 2003. Quality characteristics of bread prepared by the addition of black soybean powder. J East Asian Soc Dietary Life 13: 334-342.
7. Jeon AJ, Lim TG, Jung SK, Lee EJ, Yeom MH, Park JS, Choung MG, Lee HJ, Lim Y, Lee KW. 2011. Black Soybean (*Glycine max* cv. Heugmi) seed coat extract suppresses TPA or UVB-induced COX-2 expression by blocking mitogen activated protein kinases pathway in mouse skin epithelial cells. Food Sci Biotechnol 20: 1735-1741.

8. Jeong JH, Kim HJ, Park SK, Jin DE, Kwon OJ, Kim HJ, Heo HJ. 2014. An investigation into the ameliorating effect of black soybean extract on learning and memory impairment with assessment of neuroprotective effects. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 2014, 14: 482.
9. Kang ST, Kim HK, Baek IY, Chung MG, Han WY, Shin DC, Lee SH. 2005. Genetic analysis of pod dehiscence in soybean. *Korean J Crop Sci* 50: 281-285.
10. Kim YH, Kim OS, Lee BC, Moon JK, Lee SC, Lee JY. 2003. G7H, a new soybean mosaic virus strain: its virulence and nucleotide sequence of ci gene. *Plant Dis* 87: 1372-1375.
11. Kim J, Jeon JR. 2005. Quality characteristics of tofu added with black soybean hull powder. *Korean J Food Culture* 20: 633-637.
12. Kim YH, Lee JH, Lee YS, Yun HT. 2006. Antioxidant activity and extraction efficiency of anthocyanin pigments in black soybean. *Korean Soybean Digest* 23: 1-9.
13. Kim YH, Kim DS, Woo SS, Kim HH, Lee YS, Kim HS, Ko KO, Lee SK. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity on human cancer cells of anthocyanin extracted from black soybean. *Korean J Crop Sci* 53: 407-412.
14. Kim HE, Han SY, Jung JB, Ko JM, Kim YS. 2011. Quality Characteristics of *Doenjang* (Soybean Paste) Prepared with germinated regular soybean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 43: 361-368.
15. KREI (Korea Rural Economic Institute). 2018. *Agricultural Outlook 2018 Korea*; 428-435.
16. Lim WS, Kim YH, Kim KH. 2003. Complete genome sequences of the genomic RNA of soybean mosaic virus strains G7H and G5. *Plant Pathol. J* 19: 171-176.
17. RDA (Rural Development Administration). 2012. *Agricultural science technology standards for investigation of research*. RDA, Jeonju, Korea.
18. Seo JK, Ohshima K, Lee HG, Son M, Choi HS, Lee SH, Sohn SH, Kim KH. 2009. Molecular variability and genetic structure of the population of soybean mosaic virus based on the analysis of complete genome sequence. *Virology* 393: 91-103.
19. Song NE, Song YR, Kim JH, Kim YE, Han AR, Jeong DY, Baik SH. 2011. Development of sugar-soaked black soybean snack and its quality change on functional components. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 853-859.
20. Yun HT, Park KY, Moon JK, Kim YH, Kim SL, Ku JH, Lee YH, Ryu YH, Baek IY, Han WY, Kim HT, Cho JH, Ko JM, Shin DC, Suh DY, Kim HY, Kim SK, Ha KS, Lee SS, Son CK, Kim YD. 2005. A new black soybean cultivar, "Cheongja3" with green cotyledon, medium-late maturity and high anthocyanin. *Korean J Breed* 37: 261-262.
21. Yun HT, Park KY, Moon JK, Seo MJ, Lee YH, Kim SL, Ryu YH, Kim YH, Lee ES, Ha KS, Son CK, Kim ES, Kim SD, Lee MH. 2005. A new soybean cultivar for fermented soyfood and tofu, "Daemang" with large seed and high yield. *Korean J Breed* 37: 61-62.