쓰러짐에 강하고 항산화 활성이 높은 팥 ‘검구슬’

송석보* · 고지연 · 서명철 · 광도연 · 우관식 · 문중경 · 한상익 · 한원영 · 최명은 · 박장환
농촌진흥청 국립식량과학원

A New Small Redbean Cultivar ‘Geomguseul’ with Lodging Resistance and High-Antioxidant Activity

SeokBo Song*, JeeYeon Ko, MyungChul Seo, DoYeon Kwak, KoanSik Woo, JungKyung Moon,
SangIk Han, WonYoung Han, MyeongEn Choe, and ChangHwan Park
National Institute of Crop Science, RDA, Miryang 50424, Korea

Abstract : A new small red bean cultivar, ‘Geomguseul’, was artificially crossed between ‘Chilbo’ and ‘SA8412-3-1-4-3-3-2-3’ in 1998, fixed excellent agronomic characters by pedigree breeding method, and selected for the further trials with the name of ‘Miryang 10’. It was prominent and showed good result, such as high grain quality, lodging resistance, and high-antioxidant activity in the regional adaptation yield trials (RYT) for three years from 2009 to 2011 and released for the public consumption as the name of ‘SA9801-24-4-3-1’ in 2011. ‘Geomguseul’ has a semi-determinate growth habit, yellow flower, green embryonic axis, black seed coat, white hilum, and small spherical seed (12.2 grams per 100 seeds). The average yield of ‘Geomguseul’ was 2.01 MT/ha in the regional yield trials (RYT) carried out for three years from 2009 to 2011 which was a little higher than that (1.98 MT/ha) of the check variety, ‘Chungju’.

Keywords : Small red bean, Adzukibean, Black seed, Geomguseul, High-antioxidant activity, Lodging resistance, Miryang 10

서 언

팥(*Vigna angularis* var. *Nipponensis*)은 일년생 콩과(Fabaceae, Leguminosae) 식물로 우리나라를 비롯한 중국, 일본 등 동아시아 지역에서 널리 재배되어 왔다(Rho et al. 2003).

팥은 주로 팥죽과 팥밥 등의 주식재료로 이용하는 한편, 떡이나 빵, 과자 등의 다양한 식품재료로도 사용되고 있다(Kim et al. 2003). 팥은 최근 현대인의 건강식품으로서 뿐만 아니라 천연 색소(Bae & Jung 2010), 다이어트 팥음료(Song et al. 2011), 미백용 화장품(Lee 2015) 등의 다양한 용도로 활용되고 있다.

우리나라 팥재배 면적은 2015년 현재 재배면적 4,833ha에서 5,335톤이 생산되고 있으며 두과작물 중에서 콩 다음으로 재배면적이 많은 작물이다. 콩에 비하여 수량은 낮으나, 기후 및 토양에 적응성이 양호하여 작부체계에 유용하게 이용될 수 있다

(Rho et al. 2003).

팥은 단백질과 지방질 함량이 낮고 탄수화물이 높은 두류로 단백질은 약 20%, 탄수화물이 약 50% 정도 함유되어 있으며 탄수화물은 대부분 전분으로 이루어져 있다. 두류 중에서는 콩이 39.1%로 팥과 녹두의 2배 정도 함량을 나타내었으며 팥에 함유된 유리아미노산은 glutamic acid 함량이 제일 많고 aspartic acid, arginine acid, serine 순으로 많다(Koh et al. 1997). 특히 쌀의 제한 아미노산인 라이신 함량이 높아 혼식하면 아미노산 보족효과로 단백질의 질을 향상시켜 준다(Chang 1999). 이외에도 팥은 비타민 B₁이 많이 함유되어 있고 신장병, 각기병, 숙취 등에도 이용된다(Choi et al. 2002). 또한 팥의 외피에는 사포닌과 콜린이라는 성분이 들어있어 항암효과와 성인병 예방에도 도움이 된다고 알려져 있으며, 팥에 포함된 사포닌은 0.3% 정도이며 항균활성을 가지고 있다(Kang & Han 2012). 팥의 열량은 337 kcal 정도로 낮고(Hwang et al. 2005) 팥의 식이섬유는 5%로 장운동을 도와 변비 해소에도 좋다(Kim et al. 2003). 팥의 색소는 anthocyanin 계의 cyanidin으로 알려져 있으며

*Corresponding Author (E-mail: songsb1254@korea.kr, Tel: +82-55-350-1243, Fax: +82-353-3050)

(Received on May 3, 2017. Accepted on September 1, 2017.)

(Yoshida et al. 1996), 이들 색소는 항산화(Arigo et al. 1988) 및 항종양 효과(Koide et al. 1997)를 나타내는 것으로 보고되었다.

지금까지 농가에서는 대부분 붉은팔을 재배하고 있으며 최근 건강 기능성 식품으로 검정팔에 대한 소비자의 수요와 선호도가 증가하고 있다. 그러나 기존의 개발된 검정팔 품종수가 적고 고유 재래종 검정팔은 잘 쓰러지고 덩굴성이 되기 쉬운 특성으로 기계화 재배가 곤란하다. 따라서 본 연구는 이러한 단점을 보완한 검정팔 품종을 개발하고자 노력한 결과, 직립성 초형으로 재배하기 쉽고 항산화활성이 우수한 검정팔 ‘검구슬’을 육성하여 2011년 농촌진흥청의 직무육성 신품종 선정위원회의 심의를 거쳐 농가에 보급하게 되었기에 그 육성경위와 주요특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

신품종 ‘검구슬’(밀양10호)의 특성 및 수량검정 시험은 2009년도부터 2011년도까지 3년간 청원, 익산, 춘천, 밀양 등 4개소에서 수행하였으며 대비품종인 ‘충주팔’과 수량성을 비교 검토하였다. 각 지역에서 시험에 공시한 품종은 중부지역의 경우에는 6월 중순, 남부지역은 6월 하순에 재식거리는 60×10~15 cm로 파종하였고, 입묘 후 1주 2본으로 주수를 조정하였다.

종자의 영양성분 및 기능성 성분을 분석하고자 단백질, 무기성분 함량 및 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌, 항산화활성 등을 조사하였다. 일정량의 시료를 취하여 습식분해한 후 100 mL로 정용하여 분석용 시료로 사용하였다. 단백질 함량은 Kjeldahl 분석기(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator, Hoeganaes, Sweden)를 이용하여 정량하였고, 무기성분의 함량은 550℃에서 회화한 후 0.5 N 질산을 가하여 가온해서 녹이고 GF/C 여과지로 여과한 다음 정용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다. 시료의 항산화 성분 분석을 위하여 분쇄된 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올로 상온에서 24시간 동안 3회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과 하여 -20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였으며, 시료의 농도는 추출용매를 이용하여 100 µg/mL의 농도로 보정하여 사용하였다. 팔 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto et al. 2002). 각 추출물 50 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ci

ocalteureagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg gallic acid equivalent (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Dewanto et al.(2002) 등의 방법에 따라 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 mg catechin equivalent(CE, dry basis)로 나타내었다. 총 tannin 함량은 Duval과 Shetty의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL과 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na₂CO₃ 용액 1 mL과 1 N Folin-ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich)로 표준물질로 검량선을 작성하여 시료 g 중의 mg tannic acid equivalent(TAE, dry basis)로 나타내었다. 추출물에 대한 항산화활성은 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 및 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(Choi et al. 2006). ABTS radical의 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정한다. ABTS 및 DPPH radical의 소거활성은 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/g extract residue(ER)로 나타내었다.

결과 및 고찰

육성경위

‘검구슬’은 직립, 내도복 다수성 품종육성을 위해 ‘칠보팔’을 모본으로 하고 SA8412-3-1-4-3-3-2-3을 부본으로 하여 1998년 인공교배하여 2000년, 2001년에 F1, F2 세대집단을 양성하고,

^z)PYT : Preliminary Yield Trial, ^y)AYT : Advanced Yield Trial, ^x)RYT : Regional Yield Trial.

Fig. 1. Pedigree diagram of a new small red bean variety 'Geomguseul'.

Table 1. Inherent characteristics of 'Geomguseul' determined by the regional yield trial from 2009 to 2011.

Variety	Growth habit	Embryonic color	Stem color	Flower color	Leaf shape	Pod color	Seed coat color	Hilum color
Geomguseul	Semi-determinate	Green	Green	Yellow	Orbicular	Yellow brown	Black	White
Chungju	Determinate	Green	Green	Yellow	Orbicular	Yellow	Dark red	White

Table 2. Agronomic characteristics of 'Geomguseul' determined by the regional yield trial from 2009 to 2011.

Variety	Flowering date	Maturity date	Stem height (cm)	No. of pods/plant	Seeds/pod	100-seed weight (g)
Geomguseul	Aug. 17	Sep. 28	56 b ^z	22 a	6.4 a	12.2 b
Chungju	Aug. 18	Sep. 30	59 a	25 a	5.7 a	14.1 a

^z)The same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.

F3부터 계통육종법으로 선발한 'SA9801-2B-24-4-3-1'계통이다. 2008년, 2009년 도에 실시한 생산력검정시험에서 도복에 강하고 수량성 등이 우수한 계통으로 판단되어 '밀양10호'의 계통명을 부여하였다. '밀양10호'는 2009년부터 2011년까지 3년간 밀양 등 전국 4개 지역에서 적응성 검정을 실시한 결과, 그 우수성이 인정되어 2011년 12월 농작물 직무육성 신품종 선정위원회에서 신규등록 품종으로 결정하고 '검구슬'로 명명하였다(RDA 2011). '검구슬'의 육성과정은 Fig. 1과 같다.

는 녹색이다. 꽃은 황색이며 꼬투리는 황갈색이다. 종피색은 검정색이며 배꼽색은 백색이다(Table 1). '검구슬'의 생육특성을 '충주팔'과 비교해 보면 개화기는 8월 17일이고, 성숙기는 9월 28일로서 '충주팔'에 비해 개화기는 1일 빠르고 성숙기는 2일이 빠르다. 경장은 56 cm로서 충주팔 보다 3 cm 짧고 개체당 협수는 22개로 '충주팔'보다 3개 정도 적고 협당립수는 0.7개 많았으나 통계적 유의성은 없었다. 100립중은 12.2 g으로 '충주팔'보다 작은 중대립종이다(Table 2).

식물학적 및 농업적 특성

'검구슬'은 중간신육형으로 잎의 모양은 원형으로 크고 줄기

내재해 및 내병충성

'검구슬'의 포장에서의 도복성은 '충주팔'보다 매우 강하였으

Table 3. Resistance of ‘Geomguseul’ to lodging and major disease from 2009 to 2011.

Variety	Lodging (1-9)	Field resistance (0-9) ^z		
		Azuki bean mosaic virus	Powdery mildew	Brown leaf spot
Geomguseul	1	0	3	1
Chungju	5	0	3	1

^z0 : tolerant, 9 : susceptible**Table 4.** Protein and inorganic contents of ‘Geomguseul’ estimated in 2011.

Variety	Protein (%)	Inorganic content (mg/100g)			
		K	Ca	Mg	Na
Geomguseul	17.9 a ^z	379.3 a	26.0 b	52.3 a	3.3 a
Chungju	18.8 a	383.8 a	28.6 a	51.0 a	2.9 a

^zThe same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.**Table 5.** Antioxidant compounds and radical-scavenging activity of ‘Geomguseul’ estimated in 2011.

Variety	Antioxidant compounds (mg/g)			Radical-scavenging activity (mg TE/100 g)	
	Polyphenol	Flavonoid	Tannin	ABTS	DPPH
Geomguseul	28.5 b ^z (131) ^y	17.2 b(108)	17.9 b(151)	700 b(135)	541 b(116)
Chungju	21.7 a(100)	15.9 a(100)	11.8 a(100)	518 a(100)	467 a(100)

^zThe same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.^yIndex

며, 수량과 품질에 영향을 크게 미치는 팥모자바이러스, 흰가루병, 갈반병에 대한 저항성은 ‘충주팥’과 비슷한 수준이었다(Table 3).

종신품질

‘검구슬’의 단백질 함량은 17.9%로서 ‘충주팥’보다 다소 낮았으나 통계적 유의성은 없었다. 곡질의 무기성분 중 칼륨과 마그네슘 함량은 각각 379.3와 52.3 mg/100 g으로 ‘충주팥’과 비슷한 수준이며, 칼슘 함량은 ‘충주팥’보다 낮게 나타났다(Table 4). 또한 ‘검구슬’의 총 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌의 항산화 성분 함량은 각각 28.5, 17.2, 17.9 mg/100 g 으로 충주팥 보다 31%, 8%, 51% 정도 더 높았다. Radical 소거활성인 ABTS와 DPPH 도 700와 541 mg TE/100 g로 ‘충주팥’ 대비 각각 35%, 16% 정도 높은 것으로 나타났다(Table 5).

수량성

‘검구슬’은 2008과 2009년, 2년간 실시한 생산력검정시험에서 ‘검구슬’의 평균수량은 ha 당 2.14톤으로 표준품종인 충주팥

에 비하여 23% 증수하였으며(Table 6), 2009년부터 2011년에 걸쳐 3년간 실시한 청원, 익산, 밀양, 춘천 등 4개소 지역적응 시험에서 생육불량 지역인 익산, 춘천을 제외한 평균수량은 ha 당 2.01톤으로 ‘충주팥’과 비슷하였다(Table 7).

재배상의 유의점

적정 파종기는 중부지역은 6월중순에서 6월하순, 남부지역은 6월하순에서 7월상순이며 산간고랭지에서 재배시에는 서리피해가 발생하지 않도록 유의하고, 수량성 확보를 위하여 개화기와 착형기 등의 시기에 충분한 관수가 필요하다.

적 요

‘검구슬’은 국립식량과학원 남부작물부에서 2011년도에 육성한 검점색 종피의 팥 품종으로 1998년에 ‘칠보팥’을 모본으로 하고 SA8412-3-1-4-3-2-3을 부본으로 인공교배하여 계통육종법으로 선발한 계통으로 계통명은 ‘밀양 10호’이다. ‘검구슬’은 중간신육형으로 잎은 원형으로 크고 줄기는 녹색이며 험은

Table 6. Results of yield trials of ‘Geomguseul’ at Milyang from 2008 to 2009.

Variety	Yield (MT/ha)			
	PYT(2008) ^y	AYT(2009) ^x	Mean	Index
Geomguseul	1.77 b ^z	2.50 b	2.14 b	123 b
Chungju	1.55 a	1.93 a	1.74 a	100 a

^{z)}The same letters are not significantly different between varieties at the 5% probability level by DMRT.

^{y)}PYT: Preliminary yield trial, ^{x)}AYT: Advanced yield trial.

Table 7. Yield of ‘Geomguseul’ on the regional yield trials carried out at 4 locations.

Location	Geomguseul (MT/ha, A)				Chungju(MT/ha, B)				Index (A/B)
	2009	2010	2011	Mean	2009	2010	2011	Mean	
Cheongwon	2.23	2.61	1.43	2.09	2.56	2.24	1.52	2.11	98
(Iksan)	-	(1.71)	(1.86)	(1.79)	-	(2.14)	(1.88)	(2.01)	89
(Chunchen)	(1.13)	(1.44)	(1.55)	(1.37)	(1.72)	(1.45)	(1.40)	(1.52)	90
Miryang	2.20	1.87	1.71	1.93	2.03	2.04	1.53	1.87	103
Mean	2.22	2.24	1.57	2.01	2.30	2.14	1.53	1.98	102

() : Growth in bad condition.

황갈색이다. ‘검구슬’의 성숙기는 9월 28일로 ‘충주팔’에 비해 2일 빠르고 개화기는 1일 빠르다. 경장은 56 cm로서 ‘충주팔’보다 짧고 개체당 협당립수는 비슷하다. 100립중은 12.2 g으로 충주팔보다 작은 중대립종이며, ha당 평균수량은 2.01 MT/ha으로 충주팔과 비슷하였다.

검구슬은 내도복성이 충주팔에 비해 매우 강하며 내병성은 비슷하고 수확종자의 항산화 성분함량이 높은 것으로 나타났다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호 : PJ011346022017)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

1. Ariga T, Koshiyama I, Fukushima D. 1988. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueoussystem. *Agr. Biol. Chem.* 52: 2717-2722.
2. Bae DG, Jung YS. 2010. Colorant extracting and its storage stability from red bean and black bean seed coat. *Agric. Rex. Bull. Kyungpook National Univ.* 28: 31-38.
3. Chang HG. 1999. Information on food for the health of modern people. Shinkwang Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 46-50.
4. Choi SY, Jeong YJ, Lee SJ, Chi OH, Chegal SA. 2002. Food and health for modern people. Dongmyungsa, Seoul, Korea. pp. 244-246.
5. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake(*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99: 381-387.
6. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4959-4964.
7. Hwang CS, Jeong DY, Kim YS, Na JM, Shin DH. 2005. Effects of enzyme treatment on physicochemical characteristics of small red bean percolate. *Korean J food Sci Technol* 37(2): 189-193
8. Kang SJ, Han YS. 2012. Studies on the anti-oral microbial activity and selected functional component of small red bean extract. *Korean J food Cookery Sci.* 28: 41-49.
9. Kim CG, Oh BH, Na JM, Sin DH. 2003. Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 551-555.
10. Koh KJ, Shin DB, Lee YC. 1997. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. *Korean Science of Food Science and Technology.* 29: 854-859.
11. Koide T, Hashimoto Y, Kamei H, Kojima T, Hasegawa

- M, Terabe K. 1997. Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from soybeans and red beans in vitro and in vivo. *Cancer Biother Radiopharm* 12(4): 277-280.
12. Lee SY. 2015. Analysis of skin mechanism and an application for functional cosmetic from redbean (*Phaseolus angularis*) shell extract. pp. 1-138.
 13. Rho CW, Son SY, Hong ST, Lee KH, Ryu IM. 2003. Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J. Plant Res.* 16: 147-154.
 14. Rural Development Administration(RDA). 2011. Research plan of development new variety of summer crops. pp. 31-37.
 15. Song SB, Seo HI, Ko JY, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Seo MC, Yoon YN, Kwak DY, Nam MH, Woo KS. 2011. Quality characteristics of Adzuki bean sediment according to variety. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1121-1127.
 16. Yoshida K, Sato Y, Okuno R, Kameda K, Isobe M, Kondo T. 1996. Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of *Vigna*, *Phaseolus* and *Glycine* Legumes. *Biosci. Biotechnol. And Biochem.* 60: 589-593.