돌연변이 육종에 의한 밥밀용 콩품종 ‘원현’

김진백¹ · 이경준^{1,2} · 김동섭¹ · 김상훈¹ · 송희섭¹ · 강시용^{1*}

¹한국원자력연구원 첨단방사선연구소, ²농촌진흥청 농업유전자원센터

An Improved Soybean Cultivar ‘Wonhyun’ with Cooking Rice by Mutation Breeding

Jin-Baek Kim¹, Kyung Jun Lee^{1,2}, Dong Sub Kim¹, Sang Hoon Kim¹, Hi Sup Song¹, and Si-Yong Kang^{1*}

¹Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 56212, Korea

²National Agrobiodiversity Center, NAAS, RDA, Jeonju, 54874, Korea

Abstract : A new soybean cultivar ‘Wonhyun’, was developed by mutation breeding technique using a 250 Gy gamma ray at Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) in 2010. ‘Wonhyun’ has black seed coat and much better agronomic performance than original variety ‘Paldal’. Their total yield (177.1kg/10a) is much higher than that of ‘Paldal’ (126.9 kg/10a). Also, 100 seed weight of Wonhyun was 27g compared to ‘Paldal’ (13.7g). Contents of 4 essential amino acids such as aspartic acid, glutamic acid, lysine, arginine and unsaturated fatty acid including linoleic and linolenic acid have much higher than ‘Paldal’. This cultivar is good for cooking with rice as improved functional ingredient soybean.

Keywords : Mutation breeding, Black seed coat, High yield, Unsaturated fatty acid

서 언

현대의 서구화된 식단 변화에 따른 동물성 식품 과잉 섭취로 의학적, 영양학적 문제가 야기되면서 이를 해결하기 위한 식물성 단백질 섭취 중요성이 점차 증대되고 있다. 예로부터 우리나라를 비롯한 동양권 국가에서 다양한 형태로 조리, 가공하여 섭취했던 콩은 서양의 동물성 식품을 대체할 수 있는 우수한 영양소로 각광을 받고 있다. 여러 연구결과를 통하여 콩에 함유되어 있는 사포닌, 피트산, 이소플라본, 식이섬유, 레시틴, 트립신 저해제 등의 다양한 생리활성물질이 노화, 심혈관 질환 등의 만성 퇴행성 질환과 산화스트레스 억제에 효과가 있다는 연구 결과들이 발표됨에 따라 콩의 섭취를 질병의 예방과 치료의 관점에서 이해하고자 하는 노력이 증가되

고 있다 (Dong & Qin 2011, Engelman et al. 2006, Kim & Kang 2009, Messina 1997). 콩은 단백질과 지방질 함량이 일반적으로 재배되는 작물에 비해서 높은 편이어서 영양적인 면에서 가치가 높은 경제적 작물로도 널리 알려져 있다.

콩은 포화지방산 함량이 낮고 콜레스테롤이 거의 함유되어 있지 않으며 식이섬유를 비롯한 비타민과 무기질까지 풍부하게 함유되어 있다. 불포화지방산이자 필수지방산인 리놀레산과 리놀렌산의 함량이 타 작물에 비해서 우수하기 때문에 영양적인 측면에서 뿐만 아니라 기능성 식품의 원료로도 최근 각광을 받고 있다. 섭취하는 지방질의 형태와 양은 만성 퇴행성 질환과 암 등의 질환에 영향을 주어 건강한 삶에 영향을 주며 포화지방산은 혈액 내 콜레스테롤 수치를 높여주지만 리놀레산과 리놀렌산 등의 불포화 지방산이 콜레스테롤 함량을 낮추는 효과가 있음이 밝혀졌다(Mensink & Katan, 1989). 또한, 검은콩은 일반콩과 비교하여 노화방지 성분이 4 배가량 높아 성인병 예방과 다이어트에 효과가 있다고 알려져지면서 건강식품으로써도 주목을 받고 있다(Choung et al.

*Corresponding author (E-mail: sykang@kaeri.re.kr, Tel: +82-63-570-3310, Fax: +82-63-570-3319)

(Received on September 19, 2015. Revised on November 16, 2015.
Accepted on December 01, 2015.)

2001, Im et al. 2006).

자유무역협정 체결에 따른 외국 농산물 수입증가와 유전자 변형 농산물 콩의 위해성이 대두됨에 따라 안전한 먹거리인 국산 콩에 대한 관심이 증가되고 있다. 본 연구팀은 돌연변이 육종기술을 이용하여 팥달에 250 Gy 감마선을 조사하여 단백질 함량 및 필수아미노산 함량과 불포화지방산인 리놀레산과 리놀렌산 함량이 높으며, 종피색이 검정색으로 변화된 밥밀용 콩 신품종 ‘원현’을 육성하였다.

재료 및 방법

나물용 콩으로 주로 활용되었던 팥달(농업유전자원정보센터, IT번호: 142811, 계통명: 수원 136호)의 검은 재색은 콩나물 콩으로써 상품가치를 떨어뜨리는 형질로 이를 제거하고자 하는 목적으로 최초 육종방향을 설정하였다. 팥달에 방사선을 조사하여 돌연변이체를 선발 육성하는 과정에서 종자 크기가 증가되면서 검은색 종피를 가지는 밥밀용 콩인 원현 품종을 육종하게 되었다. 원현의 생육특성 조사는 2009년과 2010년에 걸쳐 전북 정읍 지역에서 실시하였으며, 특성 비교를 위해 원품종인 팥달을 사용하였고, 주요 생육 특성, 수량 특성은 국립종자관리소 신품종 심사를 위한 작물별 특성조사요령과 농촌진흥청 신품종 개발공동사업계획서의 기준에 의거하여 실시하였다(RDA 2009). 수량 검정을 위해 3.6 m²(3 × 1.2 m)의 면적에, 재식 밀도는 60 × 10 cm로 파종 하였으며, 난괴법3반복으로 수행하였다. 조지방, 조단백, 아미노산 및 지방산 함량은 한국식품연구원에 의뢰하여 수행하였다. 실험 결과 값에 대한 유의적 차이의 유무를 알아보기 위해 SPSS Statistics 20(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 t-test를 수행하다.

결과 및 고찰

육성 경위

Table 1은 ‘원현’의 육성경과를 간단히 도식화한 것으로,

Table 1. Breeding process of ‘Wonhyun’ by mutation breeding.

Year	2000-2001	2002-2005	2006-2008	2009-2010
Generation	M ₁ -M ₂	M ₃ -M ₆	M ₇ -M ₉	M ₁₀ -M ₁₁
No. of selected lines per generation	1000 seeds irradiation, 112 plants were harvested for selected M ₂	20 lines	1 line (900-326)	1 line (Wonhyun)
Selection and yield test area	Namyangju, Gyeonggi	Namyangju, Gyeonggi	Jeongeup, Jeonbuk	Jeongeup, Jeonbuk

2000년 팥달1000립의 종자에 250 Gy의 감마선을 조사하여 112계통의 종자를 수확하였다. 2002년에서 2005년도까지 농업형질이 우수한 돌연변이 20계통을 1차적으로 선발하였다. 2006년에 종피색이 검정색으로 변화되었으며, 종자의 크기가 증가되고 밥밀용 콩으로 적합하며 단백질 함량 및 필수아미노산 함량과 불포화지방산인 리놀레산과 리놀렌산 함량이 높은 유망1계통(900-326)을 최종적으로 선발하였다(Table 1). 2002년에서 2005년까지의 계통선발은 경기도 남양주시 호평동 한국원자력연구원 시험농장에서 이루어졌으며, 2006년도 이후부터는 전북 정읍에 있는 한국원자력연구원 첨단방사선연구소 방사선육종시험장에서 특성검정 및 생산력검정 시험을 실시했다. 2009년과 2010년 수량검정 시험을 마치고 최종적으로 2011년 ‘원현’이라는 품종명으로, 국립종자원에 품종보호권을 출원하였으며, 2년간의 재배심사 과정을 거쳐 2012년 품종보호권(번호; 2012-4278)을 등록 완료하였다.

주요특성

종피색 변이 계통의 선발

인위적인 돌연변이 유발원인 방사선 조사에 의한 유용 돌연변이 개체의 선발은 기존 육성 품종의 특정형질 개선 및 새로운 형질 발현을 목적으로 이루어진다. 지금까지 한국원자력연구원을 통해서 주로 이루어졌던 콩 돌연변이 육종은 조기 개화 및 성숙, 미이라병 저항성 종피색 변이, 유용 성분의 증가 및 감소 등의 기준으로 품종 개발이 이루어져 왔다(Kim et al. 2013, Lee et al. 2014, Song et al. 2010). 노란 종피색을 가지는 원품종인 팥달에 방사선을 조사하였더니 다양한 종피색 변이를 가지는 돌연변이 개체들을 얻을 수 있었으며, 그 중에서 농업형질이 우수하면서 검은색 종피색을 가진 ‘원현’을 최종적으로 선발하였다 (Fig. 1, 2).

주요농업적인 특성

‘원현’은 원품종 팥달과 같이 유한신육형을 나타내며, 꽃색

Fig. 1. Diverse seed color mutants derived from Paldal

Fig. 2. The harvested seeds of Paldal (left) and Wonhyun (right).

은 자주색이고 모용색은 갈색이다(Table 2, Fig. 3). 파종 후 개화기까지가 59일로 팔달보다 12일 정도 느리며, 파종부터 성숙이 완료 되는데 걸리는 시간은 팔달이 109일인데 반해서 137일로 약 28일 정도 늦다(Table 3). 경장은 72.4 cm로 팔달에 비하여(54.2 cm)보다 18.2 cm 정도 크다(Fig. 4).

수량성 및 100립중

2009년과 2010년 정읍에 방사선육종시험장에서 실시한 생산력검정시험 결과 10 a당 ‘원현’의 평균수량은 177.1 kg으

Fig. 3. The Pods of Paldal (left) and Wonhyun (right)

Fig. 4. The matured plant of Paldal (left) and Wonhyun (right)

로 팔달(126.9 kg)에 비하여 35%가량 높아 안정적인 수량 확보가 가능하게 되었다(Table 3). 100립중은 팔달이 13.7 g, ‘원현’은 27.5 g으로 2배 이상 증가된 종자 무게의 특징을 보였다.

총 단백질 및 지방질 함량

총단백질 및 조지방은 ‘원현’과 원품종 팔달간에 차이가 없

Table 2. Morphological and ecological traits of ‘Wonhyun’.

Cultivar	Growth habit	Flower color	Leaf shape	Seed coat color	Pubescence color	Hilum color
Wonhyun	Determinate	Purple	Oval	Black	Brown	Black
Paldal	Determinate	Purple	Triangular	Yellow	Brown	Black

Table 3. Agronomic characteristics and yield components of 'Wonhyun' in Jeongeup, Jeonbuk from 2009 to 2010.

Variety	Flowering Period (DAS) ^z	Maturation Period (DAS)	Plant Height (cm)	No. of nods	No. of branches	No. of pods	100-seed Weight (g)	Yield (kg/10a)
Wonhyun	59*	137*	72.4*	18.9*	5.2*	57.3*	27.0*	177.1*
Paldal	47	109	54.2	12.9	2.7	71.6	13.7	126.9

^zDAS, day after sowing

Every value is shown as the average from 2009 to 2010.

P<0.05

었으나, 벼에서 부족하여 콩의 혼식을 통해서 섭취를 권장하는 필수아미노산인 아스파라긴산, 글루탐산, 라이신, 알긴산 등의 함량이 유의적으로 증가된 것을 확인할 수 있었다(Table 4, 5). 포화지방산의 함량은 '원현'과 원품종 팔달 간에 별다른 차이점이 없었으나 불포화지방산 중 리놀레산은 21%, 리놀렌산은 47% 가량의 함량이 증가됨을 확인할 수 있었다 (Table 6). 리놀레산, 리놀렌산 등을 포함한 대두 내의 불포화

지방산은 인체에서 콜레스테롤과 지방산이 장내와 혈액에 축적되는 것을 방지해 주며 혈액을 정화시켜주는 역할을 한다고 알려져 있다(Hegsted et al. 1965). 또한, 리놀렌산을 전구 물질로 하여 생성되는 eicosanoid는 면역반응, 혈압조절, 혈액 응집과 같은 다양한 생리활성을 나타내기도 한다 (Nakamura et al. 2001). 불포화 지방산 함량이 증가되었으며, 기타 농업 형질이 우수한 신품종 '원현'은 밥밀용 콩 품종

Table 4. Total oil and protein contents (g/100g)

Variety	Oil	Protein
Wonhyun	13.5	37.7
Paldal	14.9	35.9

Table 5. Analysis of essential amino acid compositions of 'Wonhyun' seed (mg/100g)

Line No	Wonhyun	Paldal
Aspartic acid	4790.2*	4300.7
Threonine	1452.5	1401.4
Serine	2001.7	1833.1
Glutamic acid	7749.4*	7144.8
Proline	1544.0	1528.2
Glycine	1691.1	1562.1
Alanine	1687.7	1535.7
Valine	1611.2	1651.1
Methionine	311.1	371.2
Isoleucine	1588.7	1626.4
Leucine	2981.1	2918.2
Tyrosine	1151.2	1165.3
Phenylalanine	1886.7	1909.3
Lysine	2580.5*	2407.3
Histidine	1057.9	975.4
Arginine	3049.4*	2704.8
Total	37134.4*	35035.0

P<0.05

Table 6. Components of fatty acid of ‘Wonhyun’ seed (%/100g oil)

			Wonhyun	Paldal
Saturated fatty acid	C16:0	Palmitic acid	9.5	9.8
	C18:0	Stearic acid	3.2	3.2
	Subtotal		12.7	13
Unsaturated fatty acid	C18:1	Oleic acid	22.5*	34.8
	C18:2	Linoleic acid	55.3*	45.7
	C18:3	Linolenic acid	9.5*	6.4
	Subtotal		87.3	86.9

P<0.05

으로 안정적인 수량 확보가 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

재배상 유의사항

‘원현’의 적응지역은 충남이남 평야지에서 재배가 가능하다. 특별한 재배 유의사항은 없으나 배수가 불량한 토양에서의 재배는 지양토록 한다.

적 요

‘원현’은 팔달 종자에 2000년 250 Gy의 감마선을 조사하여 만들어진 돌연변이 신품종으로 농업적으로 수량성이 우수하며 종피색 변이를 가지는 계통으로 2011년에 최종적으로 품종보호권을 출원하여 2012년 등록되었다. 원품종 팔달의 종피색이 노란색인데 반하여 신품종 ‘원현’은 검정색을 나타낸다. 100립 중은 팔달이 13.7 g, ‘원현’은 27.0 g으로 종자무게는 2배 이상 증가하였으며, 신품종 ‘원현’의 10 a당 수량은 177.1 kg으로 팔달(126.9 kg)에 비교하여 35%가량 향상되었다. 원품종인 팔달에 비해서 필수아미노산인 아스파르트산, 글루타민산, 라이신, 알긴 등의 함량과 불포화지방산인 리놀레산과 리놀렌산 함량이 높게 나타났다(품종등록번호: 2012-4278).

사 사

이 논문은 2015년도 한국원자력연구원의 연구개발 프로그램과 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(방사선기술개발사업, No. 2012M2A2A6010566).

1. Choung MG, Baek IY, Kang ST, Han WY, Shin DC, Moon HP, Kang KH. 2001. Isolation and determination of anthocyanins in seed coats of black soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *J. Agric. Food Chem.* 49: 5848-5851.
2. Dong JY, Qin LQ. 2011. Soy isoflavones consumption and risk of breast cancer incidence or recurrence: a meta-analysis of prospective studies. *Breast Cancer Res. Tr.* 125: 315-3236.
3. Engelman HM, Alekel DL, Hanson LN, Kanthasamy AG, Reddy MB. 2005. Blood lipid and oxidative stress responses to soy protein with isoflavones and phytic acid in postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 81: 590-596.
4. Hegsted DM, McGrandy RB, Myers ML, Stare FJ. 1965. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 17: 281-295.
5. Im CM, Kwon SH, Bae MS, Jung KO, Moon SH, Park KY. 2006. Characteristics and increased antimutageniceffect of black soybean (Var. Seoritae) Chingukjang. *Cancer Prev. Res.* 11: 218-224.
6. Kim J-B, Lee KJ, Kim DS, Ha B-K, Kim SH, Song HS, Kang S-Y. 2013. An Improved Soybean Cultivar ‘Wonyul’ with Resistance to Phomopsis Seed Decay by Mutation Breeding. *Korean J. Breed. Sci.* 45: 293-297.
7. Kim JI, Kang MJ. 2009. The functionality for health and superiority for utilization in soybean. *Kor. Soy Dig.* 26: 1-9.
8. Lee KJ, Hwang JE, Velusamy V, Ha B-K, Kim J-B, Kim SH, Ahn J-W, Kang S-Y, Kim DS. 2014. Selection and

- molecular characterization of a lipoxygenase-free soybean mutant line induced by gamma irradiation. *Theor. Appl. Genet.* 127: 2405-2413.
9. Mensink RP, Katan MB. 1989. Effect of a diet enriched with monosaturated or polysaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoproteins in healthy women and men. *New Engl. J. Med.* 321: 436-441.
10. Messina MJ. 1997. Soyfoods: Their roles in disease prevention and treatment. In soybeans, chemistry, technology and utilization, ed. K.S.Liu. New York: Chapman and Hall.
11. Nakamura MT, Cho HP, Xu J, Tang Z, Clarke SD. 2001. Metabolism and functions of highly unsaturated fatty acids: An update. *Lipids* 36(9) 961-964.
12. Rural Development Administration. 2009. 2008 Research plan for collaborative project to develop new variety of summer crop. pp.103-113.
13. Song HS, Kim J-B, Lee KJ, Kim DS, Kim SH, Lee SJ, Kang S-Y. 2010. A New Improved Soybean Variety, 'Josaengseori' by Mutation Breeding. *Korean J. Breed. Sci.* 42: 222-225.