종실 안토시아닌 고함유 옥수수 ‘색소2호’

최재근¹ · 박종열^{1*} · 박기진¹ · 김희연² · 류시환¹ · 서영호³

¹강원도농업기술원 옥수수연구소, ²강원도농업기술원 농식품연구소, ³강원도농업기술원

Anthocyanin-rich grain corn hybrid variety ‘Saekso 2’

Jae-Keun Choi¹, Jong-Yeol Park¹, Ki-Jin Park¹, Hee-Yeon Kim², Si-Hwan Ryu¹, and Young-Ho Seo³

¹Maize Research Institute, Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Hongcheon 25160, Korea

²Agriproduct Processing Research Institute, Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea

³Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24226, Korea

Abstract : We report the development of new anthocyanin-rich grain corn hybrid variety ‘Saekso 2’. The seed parent, HA3 and the pollen parent, HA4 was developed from breeding materials collected from China in 2008 and from Canada in 2000, respectively. The hybrid was made in the winter of 2010/2011 and evaluated in Hongcheon for 3 years. After evaluation, the selected variety was named ‘Saekso 2’ and was approved for a variety registration in 2017. Anthocyanin content of Saekso 2 in grain was 685 mg/100g and was much higher than that of Saeko 1(0mg/100g). Since regional tests was conducted in only Gangwon province, it is recommended only in that region for commercial cultivation. For the highest content of anthocyanin, it is best to harvest grains at around 45 days after silking. Saekso 2 is the first hybrid bred specifically for processing for high anthocyanin production.

Keywords : Corn, Maize, Purple corn, Single cross, Anthocyanins

서 언

옥수수(*Zea mays* L.)는 밀(*Triticum aestivum* L.), 벼(*Oryza sativa* L.)와 더불어 세계 3대 작물로서 오랜 육종역사를 가지고 있으며 생산성이 매우 높은 작물로 식용뿐만 아니라 사료용, 공업용 및 바이오 에너지 등 용도가 다양하다. 현재 국내에서는 대부분 찰옥수수가 재배되고 있고 재배규모는 2015년도에 15,356ha였다(KOSIS). 우리나라에서 찰옥수수는 간식이라는 인식 때문에 소비가 크게 증가되지 않고 10a당 조수익도 지역간의 편차가 있으나 110~150만원 정도로 수년간 큰 변화가 없어 재배면적이 정체되고 있다(RDA 2015). 현재 국내에서 육성 공급되고 있는 찰옥수수는 ‘미백2호’(Park et al. 2007a), ‘미흑찰’(Park et al. 2007b), ‘일미찰’(Jung et al. 2006b), ‘찰옥4호’(Jung et al. 2006a) 등이 재배되고 있다. 하지만 우리나라에서

꽃옥수수로 유통이 어려운 계절에 판매를 목적으로 중국에서 냉동 찰옥수수 형태로 꾸준히 수입을 하고 있다.

최근에 산업화의 발달로 소비자의 소득수준이 높아졌으며, 고단백 위주의 서구식 식생활로 암을 비롯한 성인병이 크게 증가하면서 인공적인 식재료보다는 천연물질을 이용한 건강기능성 식품에 대한 소비와 연구가 활발히 이루어 지고 있다. Lee et al.(2016)은 고지방과 고콜레스테롤 식이와 ‘색소2호’ 추출물을 먹었을 때 체중감소와 HDL 콜레스테롤을 높여주는 효과가 있다고 하였다. 특히 기능성을 갖는 여러 가지 물질 중에 안토시아닌 색소는 250여종으로 식물에서 광범위하게 존재하는 색소로 다양한 식물체로부터 추출되고 다양하게 이용되고 있고, 옥수수에서 추출한 붉은 계열 식용색소인 ‘Corn red’에는 10여종의 안토시아닌 계열의 색소가 있다고 하였다(Pascual-Teresa et al. 2002). 안토시아닌은 천연 착색료(Cevallos-Casals et al. 2004), 항산화(Okamoto et al. 2002), 항비만(Tsuda et al. 2003), 항당뇨 및 합병증 예방(Huang et al. 2015) 등 여러 가지 효능이 알려져 있으며, 인간 건강에 중요한 역할을 하는 색소이다. 자색옥수수의 주요성분인

*Corresponding Author (E-mail: pjy5368@korea.kr, Tel: +82-33-248-6922)

(Received on July 3, 2017. Accepted on July 19, 2017.)

cyanidin-3-glucoside(C-3-G), pelargonidin-3-glucoside(Pg-3-G), peonidin-3-glucoside(Pn-3-G) 모두 DPPH 라디칼 소거능이 우수하고 그 중에 C-3-G가 가장 높다고 하였다(Li et al. 2008). 일본에는 매년 자색옥수수로부터 추출한 색소인 'Corn red'가 음료와 제과업에서 식용색소로 사용되고 있다(Tsuda et al. 2003). 자색옥수수에는 10종의 안토시아닌 색소가 분포함을 확인하였고, 부위별 약간의 조성 차이는 있었으나, C-3-G가 가장 많이 차지하는 주성분이라 하였다(Li et al. 2008). 항산화제는 식품의 저장기간을 연장하는 효과가 있다고 하였다(Schwarz et al. 2001). 안토시아닌 색소함량은 옥수수 품종과 가공처리에 따라 달라진다고 하였고, 흑찰옥수수 품종은 항암, 항당뇨 및 항노화성 성분과 안토시아닌 색소 함량이 높고, 볶음과 팽화처리 가열에서 안토시아닌 함량이 감소하였으나, 고압가열처리 (retort)는 색소함량을 유지한다고 하였다(Yu et al. 2010).

최근에 강원도 옥수수연구소에서는 안토시아닌이 많이 함유된 옥수수 품종이 개발되고 있다. '색소1호'(KSVS 2015), '청춘찰'(Park et al. 2016)이 그 중의 하나로 '색소1호'는 옥수수의 포엽 및 속대에서 안토시아닌 함량이 높은 가공용 일반 옥수수이고, '청춘찰'은 찰옥수수로 알곡에 안토시아닌 함량이 높은 품종으로 찌옥수수 형태로 소비할 수 있어 기존의 찰옥수수보다 부가가치를 높일 수 있는 장점이 있다고 할 수 있다.

우리나라에서 찰옥수수는 찌옥수수 형태로 직접 소비되기 때문에 새로운 가공품 개발에 한계가 존재하여 본 연구는 기능성이 풍부한 새로운 가공용 옥수수를 개발하여 산업화에 기여하고자 연구한 결과 안토시아닌을 많이 함유한 종실용 옥수수 '색소2호'를 개발하여 이 품종의 육성 경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재배 방법

안토시아닌 색소가 우수한 옥수수 신품종 '색소2호'의 특성 및 수량평가를 위한 검정 시험은 2011, 2012, 2014년 3년간 홍천에서 수행하여 비교하였고, 표준품종은 '색소1호'를 사용하였다. 시비량은 10a당 $N-P_2O_5-K_2O$ 로 14.6-3-6kg 시비하였고, 질소는 기비와 7~8엽기에 추비 각각 50%사용하였고, 인산과 가리는 전량 기비로 사용하였고, 퇴비는 1.5톤을 기비로 사용하였다. 재식거리는 열간거리 60cm, 주간거리 30cm로 평탄하게 재배하는 방식으로 3열, 5m를 한 개의 시험구로 하여 재식밀도는

10a당 5,500주로 하였다. 파종은 2립씩 파종하여 본엽 3~4엽기에 1주1본을 남기고 솟음작업을 수행하였다. 기타 재배방법은 농촌진흥청 표준 재배법을 준수하였다.

옥수수 생육 및 수량형질 조사

출사기는 시험구별 전체 개체 중 50%이상의 개체에서 수염이 출현하였을 때를 기준으로 하였으며, 간장, 착수고는 시험구별 균일한 곳에서 10주씩 조사하고, 수량 및 이삭특성조사는 시험구 내 20주를 수확하여 조사하였다. 수확시기는 출사기 이후 50일 경에 이루어 졌으며 포엽을 제거한 이삭으로 이삭특성 및 수량조사를 하였다. 기타 조사항목 및 방법은 유전자원 특성조사 및 관리요령(National Agrobiodiversity Center)에 준하여 조사하였다.

총 안토시아닌 함량 측정

옥수수 알곡 건조분말시료 0.1 g을 1% citric acid가 함유된 30% 에탄올을 10 mL씩 첨가하고 12시간동안 상온 교반하여 2회 반복 추출하였다. 추출액을 0.45 μ m membrane filter에 통과시킨 후 분광광도계(Evolution 201, Thermo, Waltham, MA, USA)를 사용하여 535nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질로 cyanidin 3-O-glucoside chloride(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 정량곡선을 작성하고 총 안토시아닌 함량을 정량하였다(Ryu et al. 2003).

결과 및 고찰

육성경위

'색소2호'의 모본은 2008년 중국에서 수집한 자원을 2008년 분리0세대 1번으로 시험을 수행하여 7회의 자식과 선발을 통하여 2013년 분리7세대 2번으로 선발하여 HA3으로 명명하고 최종 계통명을 부여하였다. 부분은 포엽색소 집단으로 2000년 캐나다로부터 수집한 자원을 2002년 분리0세대 9번으로 시험을 수행하여 9회의 자식과 선발을 통하여 2009년 분리9세대 1번으로 선발하여 HA4로 명명하고 최종 계통명을 부여하였다. 이것을 이용하여 교잡종을 구성하였고 3년간 평가를 실시하였다. 그 결과 안토시아닌이 많이 함유된 옥수수로 우수성이 인정되어 2014년 12월 강원도농업기술원 신품종선정위원회에서 신품종으로 선정하고 '색소2호'로 명명하였다(Fig. 1).

Year	♀	'08	'08	'09	'09/'10 winter	'10	'10/'11 winter	'11	'12	'13			'10/'11 winter	'11, '12, '14
	♂	'00	'02	'03	'03/'04 winter	'04	'05	'06	'06/'07 winter	'07	'08	'09		
Generation			S ₁	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉		F ₁
Female (♀)	China	0801	1	T9	1	T9	4	3	2				HA3	⇒ Saekgyo52 (Saekso 2)
Male (♂)	Canada	0209	1	T2	1	3	2	T1	1	3	1		HA4	
Remarks	Collection	Segregation(self-fertilized)						Combination						yield trial

Fig. 1. Pedigree diagram of 'Saekso 2'.

Fig. 2. A new corn hybrid 'Saekso 2'.

Table 1. Inherited characteristics of 'Saekso 2'.

Hybrid	Type	End shape leaf	Leaf posture	Leaf green degree	seed coat
Saekoso 2	Single cross	oval	very strong	green	Purple(black)
Saekoso 1	Single cross	round	absent or very weak	strong green	yellow

고유특성

‘색소2호’는 ‘색소1호’와 같이 단교잡종이며, 옥수수 알곡이 노랑색인 ‘색소1호’와 달리 과피색이 진한 자색을 보이는 특성이 있고, 또한 포엽에도 안토시아닌 색소가 존재하는 품종이다(Fig. 2, Table 1).

주요 생육특성

‘색소2호’는 ‘색소1호’보다 출사일수가 1일 정도 늦은 76일이 고, 간장은 226cm이고, 착수고율은 54%로 ‘색소1호’보다 다소 낮았다. 이삭길이는 16.4cm로 ‘색소1호’보다 작았고, 이삭의

폭은 비슷하였다. 그리고 ‘색소1호’보다 쓰러짐이 약하였다 (Table 2).

안토시아닌 함량 및 수량성 분석

알곡의 안토시아닌 함량 분석에서는 ‘색소1호’는 안토시아닌 색소가 없으나, ‘색소2호’의 안토시아닌 함량은 685mg/100g정도로 높았다(Table 2). 수량성은 2011, 2012, 2014년 3년간 홍천에서 실시한 평가에서 종실중이 455kg/10a로 ‘색소1호’와 유의한 차이는 없었다(Table 3).

Table 2. Agronomic characteristics of 'Saekso 2'.

Hybrid	Days to silking	Plant height (cm)	Ratio ear height of plant height (%)	Ear characteristics		Seed
				Length (cm)	Diameter (cm)	Anthocyanin (mg/100g)
Saekoso 2	76	226	54.3	16.4	3.9	685
Saekoso 1	75	221	56.7	16.8	3.8	0

Table 3. Grain yields of 'Saekso 2' in yield trials for 3 years.

Location	Saekso 2(kg/10a)(A)				Index(%) A/B	Saekso 1 (kg/10a)(B)			
	2011	2012	2014	Mean		2011	2012	2014	Mean
Hongcheon	339	479	548	455 a *	79	434	666	632	577 a

*Same alphabet means no differences between mean values by LSD(0.05) level

적응지역 및 재배상의 유의점

‘색소2호’의 적응지역은 강원도에서만 평가를 수행하여 강원도에서만 재배가 가능하고 1대 교잡종이므로 매년 갱신된 종자를 이용해야 한다. 질소성분 시용이 많은 경우 다소 쓰러짐에 약하고 습해에 약한 특성이 있어 재배상 주의가 필요하다. 또한 알곡의 색소 이용 시 알곡수량과 색소함량을 고려하여 출사 후 45일경 수확하여야 한다.

적 요

‘색소2호’는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 개발한 단교잡종으로 안토시아닌 함량이 대단히 높은 옥수수로서 자식계통 HA3을 종자친으로 하고 HA4를 화분친으로 하는 품종이다. 출사일수는 ‘색소1호’보다 1일 늦었으며, 생육 및 이삭특성은 ‘색소1호’와 비슷한 수준이었으나 옥수수 알곡의 안토시아닌 함량은 ‘색소1호’는 존재하지 않으나 ‘색소2호’는 685mg/100g 함량을 보였다. 수량성은 ‘색소1호’ 종실중의 79% 수준이었으나 유의한 차이는 없었다. 앞으로 안토시아닌 함량이 높은 ‘색소2호’는 기능성이 우수한 옥수수 가공품 개발의 시발점이 되어 강원도 옥수수 산업화의 기반이 될 것이라 사료된다.

품종등록 번호: 제6731호

사 사

본 논문은 농촌진흥청 지역특화기술개발연구사업(PJ011155012017)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCE

1. Cevallos-Casals BA, Cisneros-Zevallos L. 2004. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. Food Chem. 86: 69-77.
2. Huang B, Wang Z, Park JH, Ryu OH, Choi MK, Lee JY, Kang YH, Lim SS. 2015. Anti-diabetic effect of purple corn extract on C57BL/KsJ db/db mice. Nutr Res Pract. 9(1): 22-9.
3. Jung TW, Moon HG, Son BY, Kim SJ, Cha SW, Min HK, Choi HJ, Ryu IM. 2006. A new waxy corn hybrid cultivar, 'Chalok 4' with good eating quality and high yield. Korean J. Breed. Sci. 38(2): 133-134.
4. Jung TW, Moon HG, Son BY, Kim SJ, Cha SW, Min HK, Choi HJ, Ryu IM. 2006. A new waxy corn hybrid cultivar, 'Ilmichal' with good eating quality and lodging resistance. Korean J. Breed. Sci. 38(2): 135-136.
5. KOSIS(Korean Statistical Information Service) http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=F#SubCont
6. KSVS(Korea Seed & Variety Service) http://www.seed.go.kr/protection/situation/seedsearch_01.jsp
7. Lee KY, Kim JY, Hong SY, Kim TH, Noh HS, Kim SC, Park JY, Ahn MS, Kim HY. 2016. Effect of Saekso 2 Corn Kernels and Cobs extracts on Antioxidant activity in Rats Fed High Fat-cholesterol Diet. Korean Soc. Food Hygiene & Safety. 31(6): 399-405.
8. Li CY, Kim HW, Won SR, Min HK, Park KJ, Park JY,

- Ahan MS, Rhee HI. 2008. Corn Husk as a Potential Source of Anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.*
9. National Agrobiodiversity Center <http://genebank.rda.go.kr/academicBookData.do?mode=view&gubun=p&bbsno=35&bbscttSection=10>
10. Oki T, Masuda M, Furuta S, Nishiba Y, Terahara N, Suda I. 2002. Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. *J. Food Sci.* 67: 1752-1756.
11. Park KJ, Park JY, Ryu SH, Goh BD, Seo JS, Min HK, Jung TW, Huh CS, Ryu IM. 2007. A new waxy corn hybrid cultivar, 'Mibaek 2' with good eating quality and lodging resistance. *Korean J. Breed. Sci.* 39(1): 108-109.
12. Park KJ, Ryu SH, Min HK, Seo JS, Park JY, Goh BD, Jang JS, Kim NS. 2007. A new black waxy corn hybrid cultivar, 'Miheugchal' with good eating quality and high yield. *Korean J. Breed. Sci.* 39(1): 106-107.
13. Park KJ, Park JY, Seo YH, Ryu SH, Choi JK, Kim HY. 2016. Anthocyanin-rich Purple Waxy Corn Single Cross Hybrid 'Cheongchunchal'. *Korean J. Breed. Sci.* 48(4): 173-178.
14. Pascual-Teresa S, Santos-Buelga C, Rivas-Gonzalo JC, 2002. LC-MS analysis of anthocyanins from purple corn cob. *J. Sci. Food Agric.* 82: 1003-1006.
15. Rural Development Administration (RDA). 2015. Standard Incomes for Agricultural and Livestock Products. pp: 11. <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbf/frmpdIncomeInfoNew.ps?menuId=PS00085>
16. Ryu SN, Park SZ, Kang SS, Han SJ. 2003. Determination of C3G content in blackish purple rice using HPLC and UV-Vis spectrophotometer. *Korean J. Crop Sci.* 48(5): 369-371.
17. Schwarz K, Bertelsen G, Nissen LR, Gardnu PT, Heinonen NI, Hopia A, Huynh BT, Lambelet P, Mcphail D, Skibsted LH, Tijburg L. 2001. Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging. Lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds. *Eur. Food Res. Technol.* 212: 319-328.
18. Tsuda T, Horio F, Uchida K, Aoki H, Osawa T. 2003. Dietary cyanidin 3-O-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J. Nutr.* 133: 2125-2130.
19. Yu MH, Kim EO, Choi SW. 2010. Quantitative Changes of Hydroxycinnamic Acid Derivatives and Anthocyanin in Corn (*Zea mays* L.) According to Cultivars and Heat Processes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(6): 843-852.