

## 안토시아닌 고함유 자색옥수수 ‘색소1호’의 주요특성

김희연<sup>1</sup> · 박종열<sup>2</sup> · 박기진<sup>2</sup> · 류시환<sup>1</sup> · 장은하<sup>2</sup> · 고병대<sup>2</sup> · 윤병성<sup>2</sup> · 용우식<sup>1</sup> · 최재근<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강원도농업기술원 옥수수연구소, <sup>2</sup>강원도농업기술원

## Major Characteristics of Anthocyanin-Rich Purple Corn Hybrid Variety: ‘Saekso 1’

Hee-Yeon Kim<sup>1</sup>, Jong-Yeol Park<sup>2</sup>, Ki-Jin Park<sup>2</sup>, Si-Hwan Ryu<sup>1</sup>, Eun-Ha Chang<sup>2</sup>, Byeong-Dae Goh<sup>2</sup>,  
Byeong Sung Yoon<sup>2</sup>, Woo Sik Yong<sup>1</sup>, and Jae-Keun Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Maize Research Institute, Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Hongcheon 25160, Republic of Korea

<sup>2</sup>Gangwon-do Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24226, Republic of Korea

**Abstract** A new anthocyanin-rich hybrid variety, ‘Saekso 1’, is developed which is characterized by yellow grains, and purple husks and cobs. This variety was produced by crossing two inbred lines, HA1 (as the seed parent) and HA2 (as the pollen parent). It was made in 2008/2009 and evaluated in Hongcheon for two years. After evaluation, the selected variety was named ‘Saekso 1’ and was approved for a variety registration in 2014. The anthocyanin content of ‘Saekso 1’ in husk was  $10.39 \pm 0.09$  g/100 g, which was much higher than that of Kangilok (0 mg/100 g). Since regional tests were conducted only in Gangwon province, this variety is recommended only in that region for commercial cultivation. ‘Saekso 1’ is a health food resource for bioactive materials (Registration No. 4967).

**Keywords** Corn, Maize, Purple corn, Husk, Single cross, Anthocyanins

Received on October 11, 2021. Revised on November 12, 2021. Accepted on November 12, 2021.

\* Corresponding Author (E-mail: jaekeun@korea.kr, Tel: +82-33-248-6921, Fax: +82-33-248-6921)

### 서 언

안토시아닌은 적색, 자색, 청색 또는 흑색 등을 나타내는 유색 과일, 채소, 곡물의 표피에 집적되어 있는 천연식물대사산물로 (Abdel-Aal et al. 2006), 자연계에 존재하는 항산화 물질 가운데 가장 우수한 항산화 작용(Duan et al. 2006, Oki et al. 2002) 및 항염증(Wallace & Giusti 2015), 항암(Chung et al. 2006), 항비만(Lee et al. 2016) 및 혈당강하(Tsuda et al. 2004) 등 다양한 생리활성이 보고되었다. 옥수수의 포엽, 속대, 알곡이 주로 자색을 띠는 옥수수를 자색옥수수라 하는데, 현재 국내에 개발된 자색옥수수는 주로 찰옥수수로 알곡에 안토시아닌 함량이 높은 품종으로 ‘청춘찰’(Park et al. 2016), ‘흑진주찰’(Jung et al. 2009), ‘얼룩찰1호’(Lee et al. 2011) 등이 등록되어있다. 찰옥수수는 풋옥수수 형태로 소비하기 위해 개발되었으나, 포엽과 속대가 자색을 띠는 종실용 옥수수는 안토시아닌 함량이 알곡보다 높고 영양성분이 적어 기능성 유효성분을 활용하는데 효과가 높아 건강기능성식품 소재로 활용하는데 이점이 크다. 자색옥수수의 속대와 알곡은 국내에서 침출차와 액상차로 판매

되고 있고, 해외에서는 추출분말, 액상차 등으로 다양한 제형으로 판매되고 있다. 자색옥수수의 속대는 현재 침출차의 원료로만 사용가능하고, 자색옥수수의 포엽과 속대 혼합추출분말은 한시적 식품원료로 사용되고 있다.

자색옥수수 포엽과 속대 등에서 총 10종의 안토시아닌 색소가 확인되었고(Li et al. 2008), 이 중 C-3-G (cyaniding-3-glucoside)의 상대적 함량이 40% 이상이었다. Lee 등(2018)은 색소1호 포엽 및 속대 혼합 추출물의 총안토시아닌의 함량이 8.61%, C-3-G의 함량이 1.46%인 것으로 확인하였다.

색소 1호 포엽 및 속대 추출물 10 mg/ml의 생리활성을 검정한 결과, DPPH와 ABTS radical 소거활성은 각각 95.62, 92.00%이었고, 항산화활성 측정에 사용되는 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량도 각각 99.87, 25.02 mg/g로 추출물의 항산화 활성이 높음을 확인하였다(Lee et al. 2018). 또한 색소 1호 포엽 및 속대 추출물의 지방분해효소 및 3T3-L1 지방전구세포에서의 지방분해 억제 효과(Lee et al. 2018) 및 비알콜성 지방산 세포에서의 지질축적억제효과를 확인하였다(Lee et al. 2020).

본 연구는 건강기능식품개발을 목적으로 안토시아닌 및 유효

성분의 함유량이 높은 가공용 옥수수를 개발하여 산업화에 기여하고자 '색소1호'를 개발하여 이 품종의 육성 경위와 주요 특성을 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 재배 방법

자색옥수수 신품종 '색소1호'의 특성 및 수량평가를 위한 검정 시험은 2009년, 2010년 2년간 홍천에서 수행하여 비교하였고, 표준품종은 '강일옥'을 사용하였다. 시비량은 10a당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 로 17.4-3-6.9 kg 시비하였고, 질소는 기비와 7~8엽기에 추비 각각 50% 시용하였고, 인산과 가리는 전량 기비로 시용하였고, 퇴비는 1.5톤을 기비로 시용하였다. 재식거리는 열간거리 60 cm, 주간거리 30 cm로 평탄하게 재배하는 방식으로 3열, 5 m를 한 개의 시험구로 하여 재식밀도는 10a당 5,500주로 하였다. 파종은 2립씩 파종하여 분엽 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 시험구내 20주를 수확하여 조사하였다. 수확시기는 포엽은 출사기 이후 25~30일경에, 알곡은 출사기 이후 50일경에 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

색소 1호의 포엽 건조분말시료 0.1 g을 1% citric acid가 함유된 30% 에탄올을 10 mL씩 첨가하고 12시간동안 상온 교반하여 2회 반복 추출하였다. 추출액을 0.45 μm membrane filter에 통과시킨 후 분광광도계(Evolution 201, Thermo, Waltham, MA, USA)를 사용하여 535 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 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

'색소 1호'의 모본은 국내 육성 자식계통과 색소모집단을 2004년 교잡과 2005년 여교잡을 한 계통을 2006년 0세대 3번으로 시험하여 5번의 자식과 선발하여 5세대 2번으로 선발하여 'HA1'으로 명명하고 최종계통명을 부여하였다. 부본은 국내 육성 자식계통과 색소모집단을 2002년 교잡, 2005년 여교잡하여 2006년 0세대 6번으로 시험하여 5번의 자식과 선발하여 5세대 1번으로 선발하여 'HA2'로 명명하고 최종 계통명을 부여하였다. 이것을 이용하여 교잡종을 구성하였고 2년간 평가를 실시하였다. 그 결과 포엽에 안토시아닌이 많이 함유된 옥수수로 우수성이 인정되어 2011년 품종출원하였고(Fig. 1), 2014년 품종등록되었다 (품종등록 번호: 제 4967호).

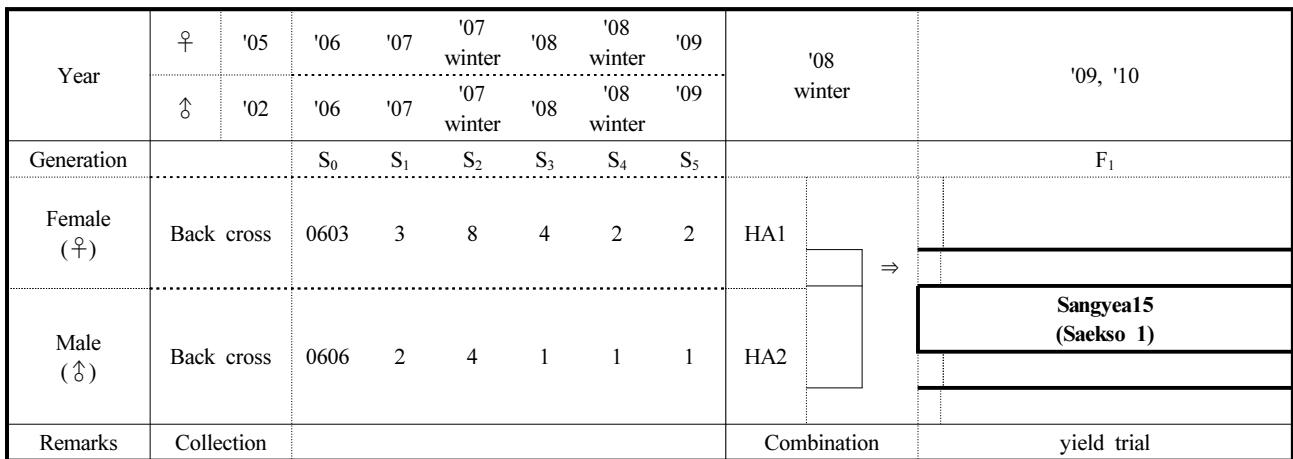


Fig. 1. Pedigree diagram of 'Sackso 1'.



Fig. 2. A new corn hybrid 'Saekso 1'.

Table 1. Inherited characteristics of 'Saekso 1'.

Hybrid	Type	Anthocyanin coloration				Seed coat
		Base of glume of tassel	Glumes excluding base of tassel	Anthers of tassel	Silks	
Kangilok	Single cross	Weak	Weak	Very weak	Weak	Purple
Saekoso 1	Single cross	Very strong	Very strong	Very weak	Very weak	Yellows

Table 2. Agronomic characteristics of 'Saekso 1'.

Hybrid	Days to silking	Plant height (cm)	Ratio ear height of plant height (%)	Ear characteristics			Husk
				Length (cm)	Diameter (cm)	Anthocyanin (g/100g)	Anthocyanin (g/100g)
Kangilok	73.00±1.00	250.33±16.97	49.42±0.02	19.17±0.05	4.88±0.07	0	0
Saekoso 1	71.33±0.58	234.83±7.31	52.47±0.05	18.58±0.16	3.87±0.05	0	10.39±0.09

### 고유특성

‘색소1호’는 단교잡종이며, 옥수수 알곡이 노랑색으로 포엽에 안토시아닌이 존재하는 품종이다(Fig. 2, Table 1).

### 주요 생육특성

‘색소1호’는 ‘강일옥’보다 출사일수가 2일 정도 빠른 71.33±0.58 일이고, 간장은 234.83±7.31 cm이고, 착수고율은 52.47±0.05%로 ‘강일옥’보다 다소 높았다. 이삭길이는 18.58±0.16 cm로 ‘강일옥’보다 작았고, 이삭의 폭도 3.87±0.05 cm로 작았다(Table 2).

### 안토시아닌 함량

안토시아닌 함량 분석에서는 알곡에서는 ‘강일옥’ 및 ‘색소1호’ 모두 안토시아닌 색소가 없으나, 색소 1호 포엽의 안토시아닌 함량은 10.39±0.09 g/100g이었다(Table 2).

### 종실 및 포엽 수량성 분석

2009, 2010년 2년간 홍천에서 실시한 평가에서 색소 1호의 종실중이 각각 601.00±14.11, 613.33±95.50 kg/10a로 ‘강일옥’보다 적었으나, 2009, 2010년 색소 1호의 포엽중은 각각 47.33±5.51, 51.33±3.51 kg/10a로 ‘강일옥’과 비슷하였다(Table 3).

**Table 3.** Grain and husk yields of 'Saekso 1' in yield trials for 2 years.

species	Saekso 1 (kg/10a)(A)			Index (%) A/B	Kangilok (kg/10a)(B)		
	2009	2010	Mean		2009	2010	Mean
Grain	601.00±14.11	613.33±95.50	607	70	806.67±18.56	92.009±30.00	868***
Husk	47.33±5.51	51.33±3.51	49ns	95	45.33±0.58	58.33±4.16	52ns

\*\*\* Signification at  $p<0.01$ 

### 적응지역 및 재배상의 유의점

'색소1호'의 적응지역은 강원도에서만 평가를 수행하여 강원도에서만 재배가 가능하고 1대 교잡종이므로 매년 갱신된 종자를 이용해야 한다. 질소성분 사용이 많은 경우 다소 쓰러짐에 약하고 습해에 약한 특성이 있어 재배상 주의가 필요하다.

### 적 요

'색소1호'는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 개발한 단교잡종으로 안토시아닌 함량이 대단히 높은 옥수수로서 자식계통 'HA1'을 종자친으로 하고 'HA2'를 화분친으로 하는 품종이다. 출사일수는 '강일옥'보다 2일 늦었으며, 생육 특성은 '강일옥'보다 간장과 착수고율이 높았고, 이삭길기와 폭은 '강일옥'보다 작았다. 옥수수 알곡의 안토시아닌 함량은 '색소1호'는 존재하지 않으나 포엽의 안토시아닌 함량은  $10.39\pm 0.09$  g/100g이었다. 수량성은 '강일옥' 종실중의 70% 수준이었다. 앞으로 안토시아닌 함량이 높은 '색소1호'는 기능성이 우수한 건강기능식품 소재 개발의 시발점이 되어 강원도 옥수수 산업화의 기반이 될 것이라 사료된다.

### 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(PJ015140012021)의 지원에 의해 이루어진 것임.

### REFERENCES

- Abdel-Aal ESM, Young JC, Rabalski I. 2006. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *J Agric Food Chem* 54: 4696-4704.
- Chung MG, Lim JD. 2012. Antioxidant, anticancer and immune activation of anthocyanin fraction from *rubus coreanus* miquel fruits (Bokbunja). *Korean J Medicinal Crop Sci* 20: 259-269.
- Duan XW, Jiang YM, Zhang ZQ, Shi J. 2006. Antioxidant properties of anthocyanin extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. *Food Chem* 101: 1365-1371.
- Jung TW, Song S, Son BY, Kim JT, Baek SB, Kim CK, Kim SL, Kim SJ, Kim SK, Park KJ, Shin HM, Hur CS. 2009. A black waxy hybrid corn, "Heukjinjuchal" with good eating quality. *Korean J Breed Sci* 41: 599-602.
- Lee JS, Jung TW, Song SY, Son BY, Kim JT, Kim SK, Kim SL, Kim SJ, Kwon YU, Kim WH, Park KJ, Shin HM, Huh CS, Kang DS. 2011. A bicolor waxy corn hybrid with high eating quality, 'Eolrukchal 1'. *Korean J Breed Sci* 43: 55-558.
- 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: 399-405.
- Lee KY, Hong SY, Kim TH, Kim JE, Park AR, Noh HS, Kim SC, Park JY, Ahn MS, Kim HY. 2018. Inhibition of inhibition of pancreatic lipase activity and adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells treated with purple corn husk and cob extracts. *Food Hygiene & Safety* 33: 131-139.
- Lee KY, Kim TH, Kim JE, Bae SW, Park AR, Lee HY, Choi SJ, Park JY, Kwon SB, Kim HY. 2020. Inhibitory effect of purple corn 'Saekso 1' husk and cob extracts on lipid accumulation in oleic acid- induced non-alcoholic fatty liver disease HepG2 model. *Food Hygiene & Safety* 35: 1-9.
- 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* 56: 11413-11416.
- National Agrobiodiversity Center. 2009. <http://genebank.rd.a.go.kr/academicBookData.do?mode=view&gubun=p&bbsno=35&bbscttSection=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.
12. 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: 173-178.
13. 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: 369-371.
14. 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.
15. Wallace TC, Giusti MM. 2015. Anthocyanins. *Advances in Nutrition* 6: 620-622.