

## 유색 찰옥수수의 항산화력 및 작물학적 특성

이희봉\*<sup>†</sup> · 박보영\* · 지희정\* · 조진웅\* · 김석형\*\* · 모은경\*\*\* · 이미라\*\*\*

\*충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학부, \*\*과학기술부, \*\*\*대덕바이오

## Antioxidant Activity and Agronomic Characteristics of Colored Waxy Corns

Hee-Bong Lee\*<sup>†</sup>, Bo-Young Park\*, Hee Chung Ji\*, Jin-Woong Cho\*, Seog-Hyung Kim\*\*  
Eun-Kyung Mo\*\*\*, and Mi-Ra Lee\*\*\*

\*Department of Agronomy, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

\*\*Exhibition Division, National Science Museum Planning Office, Ministry of Science & Technology,  
Gwacheon-City, Gyeonggi-Do 427-060, Korea

\*\*\*Daeduck Bio, Daejeon 305-764, Korea

**ABSTRACT** This study was carried out to evaluate major agronomical characterization and phenol compound contents, Xanthine oxidase inhibitory activity (XO), Catalase activity, Superoxide dismutase activity (SOD) and 1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical scavenging activity were analyzed in colored waxy corns. The mean of stem height and ear length were 248.8 cm and 18.6 cm, respectively. The pericarp thickness in CNU108 (30.3  $\mu$ m) was thinner than other hybrids. The period of tasseling days in CNU69 and CNU202 were very shorter than other hybrids (59 days). 100-kernel weight of CNU50 was 35.6 g and heavier than the others. The antioxidant activities such as xanthin oxidase (XO), catalase and superoxide dismutase (SOD) were higher in CNU70 and CNU138. Especially highest EDA (electron donating ability) in DPPH radical scavenging effect was 94.8% and 94.6% in CNU160 and CNU193, respectively. In the results, the antioxidant enzyme activity and antioxidant activity were higher in CNU109 and CNU 34 hybrids. The hybrids, CNU34, CNU70, CNU108, CNU 138 and CNU193 may be considered higher functional color waxy corn.

**Keywords** : colored waxy corn, antioxidant activity, agronomic characteristics

**최근** 식용옥수수의 소비가 급증함에 따라 재배 면적 역시 1986년 약 8천 ha에서 1992년 7.8천 ha, 2004년 17.1천 ha로 급격히 증가하는 경향을 보이고 있다(농림부 2005). 그

리나 소비자의 소득 수준이 높아짐에 따라 양보다 건강을 위한 고품질·고기능성을 갖는 양질의 농산물이나 이를 소재로 한 가공품을 선호하는 경향을 보이고 있다. 이와 같은 현상으로 녹·황색 채소의 소비증가와 동시에 유색콩, 유색미 및 유색 농산물의 소비가 증가됨에 따라 국내·외 관련 학자들의 연구가 활발하게 진행되고 있다(Chi *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2005; Sa *et al.*, 2005; Song *et al.*, 2005; Woo *et al.*, 2005; Mensor *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2002; Chung *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2000; Park *et al.*, 1988).

녹·황색 식품 중에서 항산화제(antioxidants)를 더 많이 섭취한 사람들이 노화로부터 기인되는 질환에 걸릴 확률이 더 낮다고 보고 되었으며(Block & Patterson, 1992) 또한 사람을 대상으로 한 역학 조사에서 항산화제가 풍부한 과일이나 채소를 소비한 사람들이 여러 가지 유형의 암 발생율이 저하되는 것으로 보고 되었다(Wang *et al.*, 1997; Ames *et al.*, 1993; Willett, 1994; Block & Patterson, 1992; Doll, 1990). 이외에 노화 촉진 원인 중의 하나로 알려진 Oxidative stress는 free radical에 의해 노화를 비롯한 여러 질환의 원인으로 밝혀졌고, 체내에는 oxidative stress에 대한 방어체제인 항산화효소계(antioxidant system)가 존재하는 것으로 알려져 있다. SOD(Superoxide dismutase)는 O<sub>2</sub><sup>-</sup>을 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 dismutation하는 것을 촉매하여 O<sub>2</sub><sup>-</sup>을 제거시키는 효소로써 이때 생성된 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 catalase나 glutathione peroxidase에 의해 물과 산소로 전환됨으로 최근에는 O<sub>2</sub><sup>-</sup>와 관련된 다양한 질병을 치료하는데 식품내의 SOD의 활성을 갖는 유사저분자 화합물이나 체내 SOD의 활성도를 증가시키려는 연구가

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5727  
(E-mail) hblee@cnu.ac.kr

시도되고 있다(Chung *et al.*, 2006; Bryan *et al.*, 2000). 또한 Catalase는  $O_2$ -generating system에 의해서 metal ion-dependent damage를 방어해주는 것으로 알려져 있으며, Xanthine oxidase(XO)는 생체내 purine 대사에 관여하는 효소로 hypoxanthine 또는 xanthine으로부터 uric acid와  $H_2O_2$ 를 생성하는데 이들 이 효소의 저해는 항산화효과를 기대할 수 있는 것으로 알려져 있다(Gonzalez, 1995). 이러한 연구 결과에도 불구하고 옥수수의 경우 SOD활성 이외에 XO나 Catalase 효소의 기능성 연구는 전무한 상태이지만 대다수의 유색(빨, 콩, 잡곡류, 녹황색채소 등) 농산물에서 기능성 물질의 효과가 보고되어 있어 옥수수의 경우 안토시아닌 색소를 갖은 유색(노란·자주색)찰 옥수수를 이용한다면 항산화성 및 노화방지를 포함한 생리 활성에 우수한 효과를 보이는 유색 찰옥수수의 품종 육성이야말로 일석이조의 효과가 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 80년대 초부터 국내에서 수집된 재래종 옥수수 유전자원에 대해 현재까지 계통 육성한다수성, 고식미성, 내재해성을 갖는 450여개의 백색계통과 유색 찰옥수수(검정·자주·노란색)를 교배하여 고함량 안토시아닌 색소함유 교잡종 중 수량이 높고, 식미가 우수하며 동시에 항산화성 물질이 다량 함유한 교잡종(품종)을 선발·보급하고자 다수성인 동시에 고식미성과 기능성(항산화성)을 모두 갖춘 다목적용 유색찰옥수수 품종을 육성하는데 있어 우선 몇 가지 교잡종에 대한 기초적인 기능성 분석을 하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

충남대학교와 농촌진흥청 작물과학원에서 현재육성 보유하고 있는 유색(노랑, 자주, 검정) 찰옥수수 계통과 농촌진흥청 농업생명공학연구원부터 분양 받은 재래종 유색 찰옥수수 450계통 중에 우수한 23계통을 5월 상순에 휴간 70 cm에 주간 30 cm로 하여 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장에 파종하였다.

시비량은 질소, 인산, 가리를 10a당 성분비를 20-10-10 kg으로 전체 질소의 반량은 기비로 하고 나머지는 추비로 하였으며, 인산과 가리는 경운시 전량 기비로 사용하였다.

병충해 방제는 생육초기에 조명나방 방제로 살충제(이피엔 1,000배액) 1회와 생육 중기에 후라단 입제를 10a당 2 kg을 살포하였으며, 한발기에는 관수에 의해 생육을 조장하였다. 기타 비배관리는 농진청 옥수수 표준 경종법에 준하

였다. 조사항목으로는 주요 작물학적 및 이삭특성을 조사하고 항산화성 측정으로 페놀성 화합물함량, XO, Catalase 활성, SOD 및 DPPH 등을 측정하였다.

## 시료 옥수수의 처리

옥수수 23종을 가식부위만을 동결건조한 후 분쇄기로 마쇄하고 100 mesh체에 걸러진 분말을 시료로 사용하였다. 시료는 밀봉하여 냉동 보관하였다.

## 페놀성 화합물 함량에 의한 항산화 효과 측정

옥수수 분말 20 g에 메탄올 100 ml을 넣고 24시간동안 추출한 후 여과지에 여과하여 시료용액으로 사용하였다. 분석은 methanol 추출물 50  $\mu$ l에 2%  $Na_2CO_3$  2 ml을 넣고 충분히 혼합한 후 2분 후에 2N Folin-Ciocalteu's reagent 0.2 ml을 넣어 상온에서 30분 방치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 chlorogenic acid를 사용하여 페놀성 화합물의 함량을 측정하였다.

## 항산화 효소 활성 측정

### Xanthine oxidase 활성 측정

옥수수 분말시료 1 g에 3 ml의 homogenate buffer(pH 7.8, 50 mM Na-phosphate in 0.1 mM EDTA, 1% PVPP, 0.1% Triton)를 넣고 균질기로 4°C를 유지하면서 1분간 마쇄한 후 13,000 rpm에서 40 분간 원심분리한 후 상등액을 취해 조효소액으로 사용하였다. 조효소액은 -70°C 냉동고에 보관하였다. 0.15 mM xanthine용액, 50 mM potassium phosphate buffer, 차가운 50 mM potassium phosphate buffer로 xanthine oxidase를 0.2 u/ml 농도 실험전 희석하여 준비하였다. 옥수수 조효소액 150  $\mu$ l과 330  $\mu$ l xanthine solution, 485  $\mu$ l potassium phosphate buffer를 1 ml cuvette에 넣고 35  $\mu$ l의 xanthine oxidase를 첨가하여 반응을 시작하였으며 295 nm에서 3분간 반응한 흡광도의 변화를 측정하였다. Xanthine oxidase의 활성은 xanthine oxidase 억제 활성 %로 표시하였으며 다음의 계산식에 의해 계산하였다.

$$\text{Xanthine oxidase inhibition(\%)} = \left(1 - \frac{B}{A}\right) \times 100$$

A : 대조구의 흡광도 변화( $\Delta$ abs with enzyme- $\Delta$ abs without enzyme)

B : 시료첨가시 흡광도의 변화( $\Delta$ abs with enzyme- $\Delta$ abs without enzyme)

**Catalase 활성측정**

50 mM potassium phosphate buffer 880  $\mu$ l, 옥수수 조효소액 20  $\mu$ l, 100 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 100  $\mu$ l을 넣고 반응하여 240 nm에서 3분 동안 흡광도의 감소를 기록하였으며, 분당 흡광도의 감소율은 초기 직선부분의 curve에서 계산하였다. Catalase 1 unit은 25 °C, pH 7.0에서 1분당 1  $\mu$ M의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>가 분해되는 양을 나타내었다.

$$\text{Catalase activity(unit/g)} = \frac{(\Delta A_{240}/\text{min} \times \text{희석배수})}{(2 \times 43.6^*)}$$

(\*은 240 nm에서의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 흡광계수임)

**Superoxide dismutase(SOD) activity**

CuZn-SOD 활성은 xanthine/xanthine oxidase system에 의해서 cytochrome C가 O<sub>2</sub>에 대하여 경쟁적으로 반응하는 원리를 이용하였다. 0.1 mM EDTA를 함유한 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.8) 740  $\mu$ l와 0.5 mM xanthine 40  $\mu$ l, 0.1 mM cytochrome C 50  $\mu$ l, KCN 30  $\mu$ l를 첨가한 후 옥수수 조효소액 20  $\mu$ l, xanthine oxidase 50  $\mu$ l를 첨가한 후 550 nm에서 1분간 흡광도의 변화를 측정하였다. 이 조건에서 ferric cytochrome C의 환원속도를 50% 억제시키는 효소의 양을 1 unit로 계산하였다.

**DPPH 자유 라디칼에 대한 전자 공여능 측정**

옥수수 시료 추출물 100  $\mu$ l에 DPPH( $\alpha, \alpha'$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl)  $1 \times 10^{-4}$ M용액 1 ml를 넣고 10초간 강하게 진탕한 후 10분간 실온에서 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군의 흡광도는 0.94~0.97이 되도록 조정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{EDA(electron donating ability, \%)} = \frac{\text{대조군의 흡광도} - \text{실험군 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

**결과 및 고찰**

**작물학적 특성**

본 시험에 사용된 고기능성 유색찰옥수수의 주요 작물학적 특성은 Table 1과 같다. 공시 계통에 대한 주요 작물학적 특성은 대부분 조합 간에 다양한 변이를 보였는데, CNU1

교잡종은 간장이 225 cm로 본 시험재료들 중에 가장 작은 특성을 보였으며, CNU93 교잡종에서 281 cm로 가장 컸으며 이삭길이는 21 cm이었는데 특히 CNU88 교잡종은 이삭 길이가 24 cm로 본 시험에서 가장 긴 특성을 보였다. 또한 맛을 좌우하는 과피 두께는 CNU108 교잡종에서 과피가 30.3  $\mu$ m로 다른 계통들보다 가장 얇은 특성을 보였는데 이와 같은 특성은 Lee 등(2002)이 발표한 대덕찰(평균 42.5  $\mu$ m)이나 찰옥1호(45  $\mu$ m) 보다 얇은 특성을 보였다. 반면 CNU138 교잡종은 과피두께가 55.7  $\mu$ m로 본 시험재료들 중에 가장 두꺼운 특성을 보였다.

도복에 영향을 주는 착수고에서는 CNU93 교잡종이 137.2 cm를 보여 내도복성 품종으로 불리한 특성을 보였으나 CNU160 교잡종은 77.4 cm로 착수고가 낮아 내도복성에 유리한 특성을 가진 것으로 볼 수 있으며 경직경은 평균 41.87 mm로 교잡종들간에 큰 차이는 보이지 않았다. 주당 분얼수는 평균 1.35개였으며 CNU31교잡종에서 평균 2개를 보였고 CNU88 교잡종은 평균 0.6개로 가장 적은 특성을 보였다. 출사일수는 CNU69와 CNU202 등의 교잡종에서 59일로 가장 빨랐고 CNU160 교잡종은 68일로 가장 늦게 출사하는 특성을 보여 CNU69와 CNU202 교잡종이 조기재배용 하우스재배에 유리할 것으로 판단되었다.

**유색 찰옥수수의 페놀화합물 함량**

페놀화합물의 함량은 검은색 찰옥수수인 CNU202가 222  $\mu$ g/ml로, CNU52가 211  $\mu$ g/ml로 가장 높았고, CNU93, CNU32, CNU108, CNU31, CNU34, CNU138, CNU33 등의 순으로 나타났다(Fig. 1). 한편 CNU160과 CNU11 등의 교잡종에서 페놀화합물의 함량이 각각 136  $\mu$ g/ml, 132  $\mu$ g/ml로 가장 낮은 값을 보였다.

**Xanthine oxidase(XO) 효소 활성**

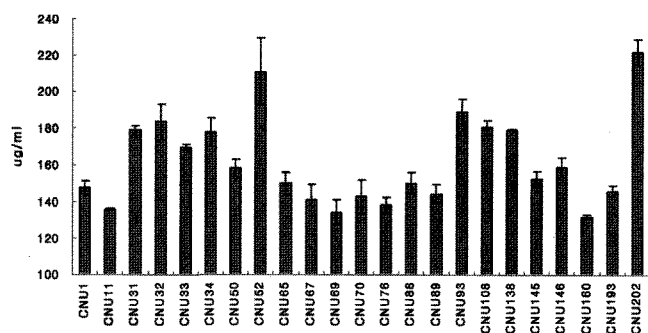
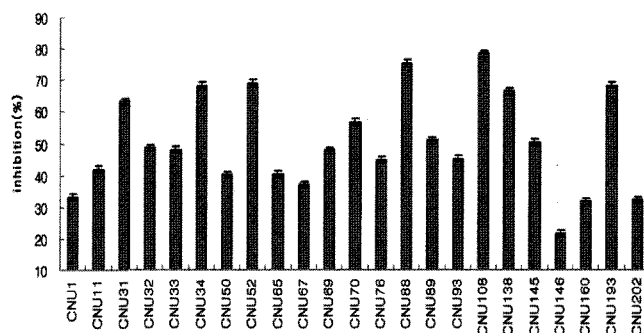
XO활성도를 측정한 결과 CNU108 교잡종이 78.28%를 보여 활성도가 가장 높았고 다음으로 CNU88 교잡종이 75.26%이었으며 가장 낮은 값을 보인 교잡종은 CNU146으로 불과 21.57%를 보였으며, CNU202 교잡종도 32.18%로 본 시험에 사용한 교잡종들 중에서 낮은 값을 보였다(Fig. 2).

**Catalase activity(CAT)**

Catalase 활성도를 알아보기 위해서 본 시료를 추출한 결과 CNU70 교잡종이 0.90 units/mg으로 가장 높은 값을 보였고 다음으로 CNU11 교잡종으로 0.70 units/mg이었지만

**Table 1.** Agronomic characteristics of colored waxy corn hybrids.

Character Hybrids	Stem height (cm)	Ear height (cm)	Stem dia. (mm)	Tillers /plant (no)	Days to tassel. (day)	Ear length (cm)	Ear dia. (mm)	Pericarp thickness ( $\mu$ m)	100K. wt. (g)	Sugar Brix (%)	Testa color
CNU1	224.7	97.2	43.6	0.8	65	20.0	43.0	35.0	28.5	10.3	Yellow
CNU11	241.6	92.7	46.9	1.4	66	17.5	41.0	37.0	29.6	11.1	Yellow
CNU31	248.8	110.0	40.3	2.0	65	18.0	22.0	32.3	26.9	10.2	Yellow
CNU32	236.1	108.3	40.6	1.4	67	19.0	35.5	36.0	24.6	9.5	Yellow
CNU33	227.7	88.7	39.7	1.0	66	20.0	34.0	36.6	28.0	10.8	Yellow
CNU34	233.3	89.4	38.5	0.8	67	20.0	39.0	33.0	26.1	10.6	Yellow
CNU50	243.8	92.7	42.7	1.4	67	18.5	41.0	35.0	35.6	11.6	Yellow
CNU52	257.2	110.0	44.6	1.4	63	15.2	40.5	36.3	31.2	11.5	Yellow
CNU65	256.8	99.3	45.1	1.8	62	15.3	42.8	31.0	20.9	12.7	Yellow
CNU67	250.4	98.7	43.2	1.3	61	15.6	40.4	38.1	27.8	11.1	Yellow
CNU69	242.7	106.6	44.6	1.4	59	19.0	31.0	38.0	32.3	11.8	Yellow
CNU70	257.2	92.7	42.7	1.0	60	18.0	33.0	34.3	28.7	11.6	Yellow
CNU76	260.2	100.0	43.1	1.1	60	18.0	35.2	35.6	28.0	11.4	Yellow
CNU88	264.4	107.1	45.6	0.6	62	24.0	46.0	37.3	20.5	12.3	Purple
CNU89	252.7	91.9	43.7	1.8	65	19.2	44.4	52.0	26.8	11.6	Purple
CNU93	281.4	137.2	40.5	1.6	62	21.0	43.0	45.0	32.2	11.1	Purple
CNU108	250.0	108.1	38.7	1.3	60	21.0	33.0	30.3	22.8	9.2	Purple
CNU138	257.4	98.8	40.5	1.8	65	17.6	44.6	55.7	25.7	11.1	White
CNU145	255.2	97.2	39.3	1.3	65	18.0	40.0	40.2	30.0	10.9	White
CNU146	253.2	98.0	40.1	1.4	64	17.3	38.6	41.0	28.7	11.2	White
CNU160	225.4	77.4	39.7	1.8	68	18.0	43.0	41.7	20.3	12.1	White
CNU193	254.2	90.7	38.8	1.0	60	19.0	30.0	39.6	25.7	10.5	White
CNU202	248.0	90.0	40.5	1.6	59	18.0	43.0	38.3	26.7	10.5	White
Mean	248.8	99.7	40.1	1.3	60.8	18.6	36.6	38.2	30.5	15.9	
Max.	281.4	137.2	45.6	2.0	68	24.0	46.0	55.7	35.6	12.7	
Min.	224.7	77.4	38.5	0.6	59	15.2	22.0	30.3	20.3	9.2	

**Fig. 1.** Phenolic compounds analysis of hybrid colored waxy corns.**Fig. 2.** Xanthine Oxidase activities of hybrid colored waxy corns.

CNU93과 CNU146 등의 교잡종에서는 각각 0.29 units/mg, 0.25 units/mg 등으로 최저의 효소 활성도를 보였다(Fig. 3).

**Superoxide dismutase activity(SOD) 효소활성**

SOD 활성도는 Fig. 4와 같이 CNU65 교잡종에서 12.15 unit/mg이었고 CNU34 교잡종에서는 12.02 unit/mg으로 가장 높은 값을 보였고 CNU11은 1.71 unit/mg으로 가장 낮은 값을 보였으며 CNU145와 CNU146 등의 교잡종은 각각 3.82 unit/mg, 3.25 nit/mg 등으로 SOD 활성도가 다소 낮은 값을 보였다.

**DPPH 자유 라디칼에 대한 전자 공여능(EDA, %) 측정**

본시험에서 옥수수 항산화 활성을 나타내는 최적의 조건을 잡기위하여 100% Methanol 추출물을 기준으로 다른 용매를 사용하여 추출하였을 때 항산화 효과가 어떻게 나타나는지를 실험한 결과 100% Methanol, 75% Methanol, Hexane, Ethylacetate, Butanol 등 5가지 용매추출물의 항산화활성을 분석하였을 때 보다 75% Methanol 추출물에서 항산화 활성이 가장 높게 나타났다. 항산화성을 비교하기 위하여 DPPH 라디칼 소기능 효과를 측정한 결과 CNU52(58%)를 제외한 다른 교잡종에서 70%이상의 EDA의 값을 보여 대부분 항산화성이 높게 평가되었는데, CNU31, CNU32, CNU33, CNU34, CNU50, CNU71, CNU89, CNU108, CNU145, CNU146, CNU160, CNU193 등의 교잡종에서는 90% 이상의 EDA값을 보였는데 이는 Seo 등(2002)이 보고한 바와 같이 합성항산화제로 널리 상용되고 있는 BHT(Butylated hydroxy toluene: 55.08%) 보다 강력한 효과를 보였고 천연항산화제인 L-ascorbic acid(96.64%)에 상당한 radical 소거 활성이 있는 항산화성이 높은 교잡종임을 보여주었다(Fig. 5).

이상과 같은 실험 결과를 요약하면 CNU70와 CNU138 등의 교잡종은 높은 항산화효소(xanthin oxidase, catalase, superoxide dismutase) 활성을 나타내었지만 특히 CNU193 교잡종은 높은 항산화력(EDA)을 나타내었다. 또한 CNU109와 CNU34 교잡종은 전반적으로 높은 항산화효소 활성 및 항산화력을 나타내었다. 따라서 CNU34, CNU70, CNU108, CNU138, CNU193 등의 교잡종 옥수수가 항산화 효과가 가장 높은 것으로 고기능성 유색 찰옥수수에 적합한 교잡종임을 알 수 있었다. 본 실험에서 자주색 찰옥수수의 항산화 물질의 양이 흰색찰 옥수수나 노랑색 찰 옥수수에서 보다 비교적 적었던 이유는 시료채취시기에 색소의 형성이 덜 발달하였기 때문이며 완속후 측정시에는 현 데이터보다 더 높은 값을 가질 것으로 보인다. 고기능성 찰옥수수 품종육성

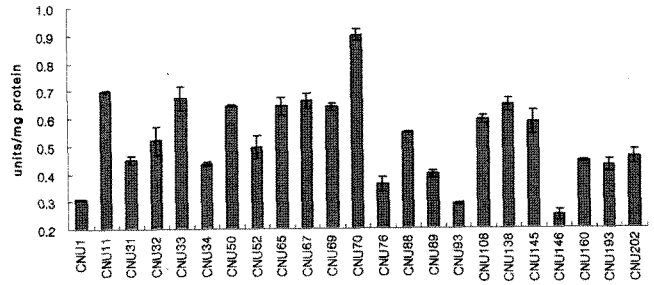


Fig. 3. Catalase activity (CAT) of hybrid colored waxy corns.

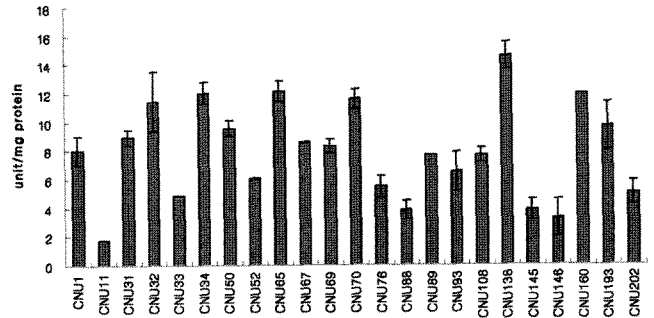


Fig. 4. Superoxide dismutase activity (SOD) of hybrid colored waxy corns.

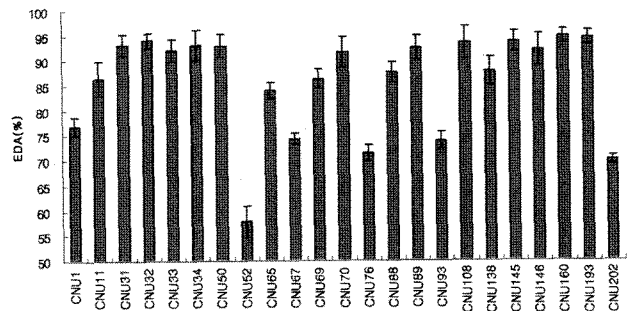


Fig. 5. DPPH radical scavenging effect in hybrid colored waxy corns.

에서 고려해야 할 점은 작물학적 특성과 항산화성 물질 양 측면에서 검토를 하여야 하며 특히 유색찰 옥수수는 식용으로 이용하는 시기에 색소가 빨리 형성되는 품종 개발이 선행되어야 한다고 본다.

**적 요**

본 시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시교잡종의 평균 과피두께는 37 μm로 얇은 특성을 보였는데 특히 CNU108 교잡종이 30.3 μm로 가장 얇은 특성을 보였고 출사일수는 CNU69와 CNU202 등이 59일로

가장 빨랐으나 CNU160 교잡종은 68일로 본 교잡종들 중에서 가장 늦었다.

2. CNU70과 CNU138의 교잡종들은 높은 항산화효소(xanthin oxidase, catalase, superoxide dismutase)의 활성을 나타내었고, 특히 CNU160과 CNU193 교잡종은 각각 94.8%, 94.6% 등으로 높은 항산화력(EDA)을 나타내었다.

3. CNU109와 CNU34의 교잡종에서는 전반적으로 높은 항산화효소 활성 및 항산화력을 나타내었다. 따라서 CNU34, CNU70, CNU108, CNU138, CNU193 등의 교잡종 চাল옥수수 수가 항산화 효과가 높은 고기능성 유색 চাল옥수수인 것으로 사료되었다.

## 인용문헌

- Abei H. Catalase, In : Methods of Enzymatic Analysis. Bergmeyer, HU(ed), Academic press, New York. 2. 674- 678, 1974.
- Block, G., B. Patterson, and A. Subar. 1992. Fruit, vegetables, and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutr. Cancer* 18 : 1-29.
- Blois M. S. Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature* 181 : 1199-1200, 1958.
- Bryan, D. M., Murnaghan, J., Jones, K. S. Bowley. 2000. Iron-superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance. *Plant Physiol.* 122 : 1427-1438.
- Chi H. Y., C. H. Lee, J. T. Kim, S. L. Kim, K. H. Kim and I. M. Chung. 2005. Antioxidant activity of jakwangchalbyeoo extracts in H4IIE cells. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 8-11.
- Choi H. G. and H. B. Lee 2002. Study on the major agronomic characteristics of colored rice collected from domestic and exotic. M. S thesis, Chungnam National University. pp. 16-21.
- Chung I. M., J. J. Kim, J. D. Lim, C. Y. Yu, S. H. Kim and S. J. Hahn. 2006. Comparison of resveratrol, SOD activity, phenolic compounds and free amino acids in *Rehmannia glutinosa* under temperature and water stress. *Environmental and Experimental Botany* 56 : 44-53.
- Chung I. M., J. K. Ahn and J. O. Lee 2000. Test of bioactive activity of Korean rice by SOD, DPPH, TBA, PLC and PKC. 22 : 37-46.
- Doll, R. 1990. An overview of the epidemiological evidence linking diet and cancer. *Proc. Nutr. Soc.* 49 : 119-131.
- Gonzalez A. G., Bazzocchi I. L., Moujir L., Ravelo A. G., Correa M. D., Gupta M. P. 1995. Xanthine Oxidase inhibitory activity of some Panamanian plants from Celastraceae and Lamiaceae. 46 : 25-29.
- Kim S. J., D. S. Han, M. H. Park and J. S. Rhee 1994. Screening for superoxide dismutase compounds and its activators in extracts of fruits and vegetable., *Biosci, Biotech, Biochem* 58 : 2263-2265.
- Kim S. L., J. J. Hwang, J. C. Song and K. H. Jung 2000. Extraction, Purification and Quantification of Anthocyanins in Colored Rice, Black Soybean and Black Waxy Corn. *Korean J. Breed.* 32(2) : 146-152.
- Lee H. B., Y. I. Kim, B. Y. Park, J. Y. Jung, J. Y. Song, H. G. Choi, S. Y. Kang and B. K. Kim 2005. Anthocyanin contents, effective components and botanical characteristics of the CNU colored rice lines. *Korean J. of Crop Sci.* 50(S) : 12-18.
- Lee H. B., H. G. Kim, D. U. Kim, J. P. Kim, J. Y. Jung, H. G. Choi, Y. K. Kang 2002. Study on waxy corn hybrid, II. Agronomic characteristics of the new waxy hybrids "Daedukchals". *Jour. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ.*, 29 (2) : 1-4.
- Marcocci L., Packer L., Droy-Lefaix M. T., Sekaki A., Gardes-Albert M. Antioxidant action of Ginkgo-biloba extract Egb 761. *Methods of enzymology* 234 : 462-476, 1994.
- Mensor L. L., Menezes F. S., Leitao G. G., Reis A. S., Santos T. C., Coube C. S. and Leitao S. G. 2001. Screening for Brizilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research* 15 : 127-130.
- Park S. Z., J. H. Lee, S. J. Han, H. Y. Kim and S. N. Ryu 1988. Quantitative analysis and varietal difference of cyanidin 3-glucoside in pigmented rice. *Korean J. Crop Sci.* 43(3) : 179-183.
- Sa J. H., T. W. Lee, T. W. Kim, K. Y. Park, W. S. Lee, I. C. Shin, K. J. Jeong, K. S. Han, T. H. Shim, H. S. Oh 2005. Chemical characteristics and antioxidative effect of small black soybean products. *Rep. Inst. Health & Environ.* 16 : 53-62.
- Seo Y. W., H. J. Lee, H. J. Cha, Y. A. Kim and K. E. Park 2002. Screening on Radical Scavenging Activity of salt marsh plants collected from Daebudo. *Bull. Mar. Sci. & Tech.* 11(2) : 123-128.
- Song J., M. N. Chung, J. T. Kim, H. Y. Chi and J. R. Son 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 141-146.
- The Ministry of Agriculture and Forestry, 2005. Agricultural and Forestry Statistical Yearbook.
- Wang H., Gao G. and Priior R. L. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanin. *Agric, Food Chem.* 45 : 304-309.
- Willet, W. C. 1994. Diet and Health: what should we eat? *Science* 264 : 532-537.
- Woo K. M., Y. S. Lee and Y. H. Kim 2005. Antioxidant effects of tocotrienol in Rice Bran. *Korean J. Crop Sci.* 50(S) : 4-7.