

CRVENI ZP HIBRIDNI KUKURUZA

Jelena Vančetović^{1*}, Slađana Žilić¹ i Sofija Božinović¹

Izvod

U radu su ispitivana tri genotipa kukuruza crvenog zrna: sorta ZP Rumenka i dva komercijalna hibrida, ZPH-1 crveni (FAO 350) i ZPH-2 crveni (FAO 600). Svrha je bila utvrđivanje eventualne superiornosti komercijalnih crvenih hibrida u odnosu na sortu crvenog zrna za dobijanje tzv. funkcionalne hrane, odnosno specifičnog brašna od crvenog kukuruza. Kao najpogodniji genotip pokazao se ZPH-1 crveni, sa daleko najvećom antioksidativnom aktivnošću i sadržajem antocijaninina, kao i najvećim prinosom zrna. Stoga je on veoma pogodan za proizvodnju kukuruza za specifične namene.

Ključne reči: antioksidativna aktivnost, crveni kukuruz

* Originalni naučni rad

¹ Vančetović J., Žilić S. i Božinović S., Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Slobodana Bajića 1, 11185 Zemun Polje – Beograd, Srbija

* vjelena@mrizp.rs

Uvod

S obzirom na to da veliki deo svetske populacije, prvenstveno u nerazvijenim delovima sveta, koristi kukuruz kao glavno hlebno žito, a imajući u vidu da ljudi u razvijenim delovima sveta žive u eri upotrebe funkcionalne „zdrave“ hrane, hranljiva vrednost kukuruznog zrna je veoma značajna. Kukuruzno zrno sadrži oko 8-9% proteina, 5% ulja, 1,5% celuloze i u proseku 70% skroba (Eckhoff and Paulsen, 1996). Međutim, kukuruzno zrno je takođe bogat izvor tzv. bioaktivnih komponenti ili mikronutritijenata koji imaju ulogu u prevenciji bolesti srca, kancera, osteoporoze, kao i kontroli fizioloških procesa u organizmu i usporavanju starenja. Kukuruzno zrno je značajan izvor vitamina B1, B2, B5, B12 i vitamina E, beta karotina koji je u suštini provitamin vitamina A (Buckner et al., 1990), ima i visok sadržaj fenolnih jedinjenja (između ostalih antocijaninini), koja imaju ulogu antioksidanasa, kao i mineralnih materija K i Mg. Poslednjih godina selekcija kukuruza je posebno usmerena na stvaranje hibrida specifičnih svojstava sa izmenjenim i poboljšanim hranljivim sastavom. Nutritivno su vrlo značajni hibridi crvenog i plavog zrna sa visokim sadržajem fenolnih jedinjenja.

Boja zrna kukuruza veoma varira, od bele do žute, narandžaste, crvene, bordo do braon. Ovo potiče od genetičkih razlika koje utiču na boju perikarpa, aleurona, klice i endosperma. Perikarp može biti bezbojan, narandžast, svetlo do tamno crven, braon ili varijegata. Aleuron je bezbojan, crven, crveno-bordo, plav ili braon, dok klica može biti bezbojna, žuta, narandžasta ili plava. Endosperm je ili bezbojan, žut, narandžast ili narandžasto-crven (Coe et al., 1988). Perikarp i aleuron moraju biti bezbojni, kako bi se videla prava boja endosperma. Komercijalno se gaje žuti i beli kukuruz, a veoma malo crveni i plavi za specijalna tržišta.

Od proizvoda koji spadaju u tzv. funkcionalnu hranu, integralno, instant, bezglutensko crveno kukuruzno brašno ima posebno mesto. Proizvod je neujednačene krupnoće frakcija crveno-žute boje, veoma prijatnog mirisa i pomalo slatunjavog ukusa. Ima visoku moć upijanja vode zbog čega pekarski proizvodi imaju produženu svežinu. Dobija se mlevenjem mikronizovanih kukuruznih pahuljica na mlinu sa kamenom. Mikronizacija je termički proces na bazi dejstva infracrvenih zraka. Samleveno brašno se ne prosejava kako bi svi delovi kukuruznog zrna u njemu bili zastupljeni u prirodnom odnosu. Proizvod se dobija od celog zrna kukuruza, te ima visoku nutritivnu vrednost, značajan sadržaj esencijalnih amino i masnih kiselina, vitamina rastvorljivih u ulju (vitamin E), dijetalnih vlakana i pigmentnih antioksidanasa (β karotina i antocijana). Visoka svarljivost je izuzetno značajna za obolele osobe kod kojih usled genetičkih anomalija ili ne dolazi do aktivacije enzima koji katališe hidrolizu glutena ili kofaktor nije aktivan. Primenjeni proces mikronizacije omogućava produženi rok upotrebe brašna (6 meseci) što je veoma bitno sa stanovišta prodaje. Sve gore navedeno ga čini specijalnim u odnosu na druga kukuruzna brašna koja se nalaze na našem tržištu.

Radi proizvodnje crvenog kukuruznog brašna, pre nekoliko godina, priznata je slobodnooprašujuća sorta ZP Rumenka, poreklom iz kolekcije sorti banke gena Instituta za kukuruz. S obzirom na to da sorte, pored povoljnih (u ovom slučaju povećana antioksidativna vrednost) imaju i niz nepovoljnih agronomskih osobina (visok procenat pleglih i slomljenih biljaka, visok klip, nizak prinos zrna), smatrali smo da je neophodno prevesti i nekoliko komercijalnih ZP hibrida na crvenu boju zrna. Ovim bi se dobio nutritivno poboljšan proizvod, uz

očuvanje poželjnih agronomskih svojstava koje poseduju hibridi.

Materijal i metode

Za istraživanje je izabrana sorta ZP Rumenska, kao i dva komercijalna hibrida prevedena u crveno zrno: ZPH-1 crveni i ZPH-2 crveni. Prevođenje ova dva hibrida urađeno je serijom povratnih ukrštanja njihovih roditeljskih komponenti, uz korišćenje materijala crvenog zrna (dominantno svojstvo) kao izvora. Oglad sa navedena tri genotipa postavljen je 2011. godine po potpuno slučajnom blok sistemu (randomized complete block design – RCBD) u dve lokacije i tri ponavljanja. Površina elementarne parcele iznosila je 3m², sa ukupno 20 biljka po parceli. Ispitivane su sledeće osobine: 1) visina biljke (cm); 2) visina klipa (cm); 3) % oklaska; 4) % vlage u zrnu u momentu berbe; 5) dužina klipa (cm); 6) broj redova zrna na klipovima; 7) broj zrna

u redu; 8) dubina zrna (cm); 9) masa 200 zrna (g); 10) dužina zrna (mm); 11) širina zrna (mm); 12) debljina zrna (mm); 13) površina zrna (cm²); 14) antioksidativna aktivnost (mmol Trolox/kg d.m.); 15) prinos zrna (t/ha sa 14% vlage u zrnu) i 16) ukupni antocijaninini (mg CGE/kg d.m.). Za osobinu 15 korišćene su sve biljke po elementarnoj parceli; za utvrđivanje osobina jedan, dva, pet do 14 i 16 korišćeno je po 10 klipova sa kompetitivnih biljaka po parceli, a za osobine tri i četiri po šest klipova sa kompetitivnih biljaka.

Antioksidativna aktivnost rađena je po QUENCHER metodi opisanoj u radu Serpen et al. (2008) korišćenjem ABTS (2,2-azino-bis/3-ethyl-benothiazoline-6-sulfonic acid) reagensa. Izražava se u mmol Trolox ekvivalenta (TEAC) po kg d.m. (suve materije). Ukupni antocijaninini su utvrđeni po metodi opisanoj u radu Abdel-Aal and Hucl (2003) i izraženi u mg cyanidin 3-glucoside ekvivalenta (CGE) po

Table 1. ANOVA According to the Randomised Complete-Block Design for Three Traits

Tabela 1. ANOVA po potpuno slučajnom blok dizajnu za tri osobine

Izvor varijacije \ Osobine	Antioksidativna aktivnost		Prinos zrna		Sadržaj antocijaninina	
	DF	MS	MS	MS	MS	
Ponavljanje	2	43,572	1,450	34,000		
Genotip	2	776,528**	42,090**	3640,191**		
Lokacija	1	1,311	35,732*	0,648		
G x L	2	9,840	2,765	189,567*		
Greška	10	13,118	4,356	30,382		

* – p < 0,1; ** – p < 0,05; *** – p < 0,01

kg d.m. (suve materije).

Cilj je bio utvrditi jesu li prevedeni hibridi superiorni u pogledu navedenih, a pre svega antioksidativnih svojstava, u odnosu na ZP Rumenku. Od statističkih parametara urađena je analiza varijanse za ispitivane osobine po RCB dizajnu, utvrđeni Pirsonovi koeficijenti korelacije između ispitivanih svojstava, kao i t-testovi između genotipova za ovih 16 osobina.

Rezultati i diskusija

U Tab. 1. prikazana je ANOVA po RCB dizajnu za antioksidativnu aktivnost, prinos

zrna i ukupne antocijaninine, kao tri najbitnije osobine. Ponavljanja kao izvor varijacije nisu bila značajna ni za jednu osobinu. Razlike između genotipova bile su visoko značajne ($p < 0.01$) za sve tri osobine. Lokacije su bile značajne ($p < 0.05$) za prinos zrna. Interakcija genotip x lokacija pokazala se značajnom ($p < 0.05$) samo za sadržaj antocijaninina.

Najbitnije ovde proučavane osobine, s gledišta proizvodnje tzv. funkcionalne hrane, jesu prinos zrna, antioksidativna aktivnost i

Table 2. Average Values and Significance of Differences (T-tests) among Three Genotypes for each Trait

Tabela 2. Prosečne vrednosti i značajnosti razlika (T-test) između tri genotipa za svaku osobinu

Osobina	Genotip					
	ZPH-1cr	ZPH-2cr	ZP Rumenka	ZPH-1cr: ZPH-2cr	ZPH-1cr: Rumenka	ZPH-2cr: Rumenka
VB (cm)	256,300	269,50	254,2	*	nz	*
VK (cm)	104,700	110,40	102,3	nz	nz	nz
% okl	18,720	20,58	21,67	**	*	nz
Sadržaj vlage u berbi (%)	17,300	20,40	19,70	***	**	nz
DK (cm)	21,960	23,51	19,68	nz	**	*
BRZK	14,650	14,59	16,67	nz	***	**
BZR	43,700	44,24	36,71	nz	**	nz
DZ (cm)	1,115	1,085	0,893	nz	**	**
m 200 zr (g)	77,170	79,38	58,46	nz	***	***

VB – visina biljke; VK – visina klipa; % okl - % oklaska; DK – dužina klipa; BRZK – broj redova zrna po klipu; BZR – broj zrna u redu; DZ – dubina zrna. nz – statistički nije značajno; * – $p < 0,1$; ** – $p < 0,05$; *** – $p < 0,01$.

sadržaj antocijaninina (crveni pigmenti). Iz Tab. 2 može se videti da se dva crvena hibrida statistički međusobno ne razlikuju po prinosu zrna, ali su značajno rodniiji od sorte ZP Rumenka ($p < 0.01$ za ZPH-1 crveni, odnosno $p < 0.05$ za ZPH-2 crveni). Antioksidativna aktivnost najbolja je kod ZPH-1 crvenog, i značajno ($p < 0.01$) veća nego kod preostala dva genotipa. S druge strane, ZP Rumenka ima značajno ($p < 0.01$) bolju antioksidativnu aktivnost od ZPH-2 crvenog. Antocijanininima je najbogatiji ZPH-1 crveni, i to značajno ($p < 0.01$) u odnosu na ostale genotipove. Takođe, ZP Rumenka ima značajno više

($p < 0.01$) antocijaninina od ZPH-2 crvenog. Može se zaključiti da je sa nutritivnog stanovišta ZPH-1 crveni najpoželjniji genotip, a ZPH-2 crveni najmanje poželjan. S druge strane, kada se pogledaju neke važne agronomске osobine, ZP Rumenka ima značajno manju dužinu klipa, broj zrna u redu, dubinu zrna, masu 200 zrna, dužinu, širinu i površinu zrna od dva prevedena komercijalna hibrida.

Pirsonovi koeficijenti korelacije između ispitivanih svojstava dati su u Tab. 3. Svakako su najznačajnije korelacije između antioksidativne aktivnosti, prinosa zrna i sadržaja antocijanidina, kako međusobno,

Tabela 3. Pearson's Coefficients of Correlation among Observed Traits

Tabela 3. Pirsonov koeficijent korelacije između posmatranih osobina

A	14	15	16
1	-0,223nz	0,226nz	-0,326nz
2	-0,128nz	0,036nz	-0,275nz
3	-0,463*	-0,559**	-0,227nz
4	-0,524**	-0,473*	-0,525*
5	-0,129nz	0,760**	-0,233nz
6	-0,170nz	-0,349nz	0,014nz
7	0,020nz	0,787**	-0,055nz
8	0,369nz	0,866**	0,125nz
9	0,191nz	0,697**	-0,050nz
10	0,189nz	0,919**	0,093nz
11	0,214nz	0,698**	-0,012nz
12	-0,207nz	-0,403nz	-0,375nz
13	0,155nz	0,809**	-0,036nz
14		0,311nz	0,875**
15			0,145nz

^A Osobina 1-visina biljke; 2-visina klipa; 3-% oklaska; 4-% vlage u berbi; 5-dužina klipa; 6- broj redova zrna po klipu; 7-broj zrna po redu; 8- dubina zrna; 9-masa 200 zrna; 10-dućina zrna; 11-širina zrna; 12-debljina zrna; 13-površina zrna; 14-antioksidativna aktivnost; 15- prinos zrna; 16- sadržaj antocijaninina; * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

tako i sa ostalim svojstvima. Antioksidativna aktivnost je u značajnoj ($p < 0.05$) negativnoj korelaciji sa procentom oklaska, i visoko značajnoj ($p < 0.01$) negativnoj korelaciji sa procentom vlage u zrnu. Prva korelacija je verovatno posledica činjenice da se antioksidansi u zrnu kukuruza uglavnom nalaze u perikarpu i aleuronu (Burge and Duensing, 1989). Stoga, što je manji udeo oklaska, veći je udeo zrna u ukupnoj masi klipa, a samim tim veća je površina zrna, odnosno udeo perikarpa i aleurona. Međutim, korelacija između površine zrna i antioksidativne aktivnosti nije bila značajna. Druga visoko značajna negativna korelacija može se objasniti time što najraniji genotip, ZPH-1 crveni, ima najveću antioksidativnu aktivnost. Sadržaj antocijaninina bio je u značajnoj ($p < 0.05$) negativnoj korelaciji sa vlagom u zrnu, a u visokoznačajnoj ($p < 0.01$) pozitivnoj korelaciji sa antioksidativnom aktivnošću, verovatno u visokoj meri uslovljenoj samim prisustvom ovih pigmenta.

Iz svega navedenog može se zaključiti da nutritivna vrednost crvenog kukuruza pre svega zavisi od gajenog genotipa, a mnogo manje od lokacije gajenja. Ovo je u saglasnosti sa rezultatima Dunlap et al. (1995, 1995a), kao i mnogih drugih istraživača. Za dobijanje specifičnog brašna od crvenog kukuruza, u našem istraživanju najpovoljniji je genotip ZPH-1 crveni, koji ima izrazito povoljne i ostale agronomске osobine, pre svega u odnosu na sortu ZP Rumenka.

Zaključak

Kukuruz sa izmenjenim i poboljšanim hranljivim sastavom mogao bi da zauzme značajno mesto u ishrani ljudi. Genotipovi crvenog zrna su veoma bitni zbog visokog sadržaja fenolnih jedinjenja, međutim, bez dobrih agronomskih osobina, nije isplativo

gajiti kukuruz. U radu je pokazano da je hibrid ZPH-2cr imao bolje agronomске kao i nutritivne osobine od sorte ZP Rumenka, kao i da nutritivna vrednost najviše zavisi od gajenog genotipa. Ovakvi rezultati potiču na dalji rad na razvoju hibrida kukuruza crvenog zrna, koji bi se uspešno mogli komercijalizovati.

Zahvalnica

Ovo istraživanje finansirano je u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj TR31028.

Literatura

- Abdel-Aal E-SM, Hucl P (2003): Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2174-2180.
- Buckner B, Kelson TL, Robertson DS (1990): Cloning of the yl locus of maize, a gene involved in the biosynthesis of carotenoids. *Plant Cell* 2: 867-876.
- Burge RM and Duensing WJ (1989): Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.
- Coe EH, Nueffer Jr MG, Hoisington DA (1988): The genetics of corn. In: *Corn and corn improvement*. G.F. Sprague and J.W. Dudley, Eds. American Society of Agronomy, Madison, WI, 140-146.
- Dunlap FG, White PJ, Pollak LM, Brumm TJ (1995): Fatty acid composition of oil from exotic corn breeding materials. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72: 989-993.
- Dunlap FG, White PJ, Pollak LM, Brumm TJ (1995a): Fatty acid composition of oil from adapted, elite corn breeding materials. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72:

- 981-987.
- Eckhoff SR and Paulsen MR (1996): Maize. In: Cereal Grain Quality. R.J. Henry and P.S. Kettlewell. Ed. Chapman and Hall, London, UK, 77-112.
- Serpen A, Gökmen V, Pellegrini N, Fogliano V (2008): Direct measurement of the total antioxidant capacity of cereal products. *J. Cereal Sci.* 48: 816–820.

ZP MAIZE HYBRIDS WITH RED KERNEL

Jelena Vančetović, Slađana Žilić i Sofija Božinović

Summary

The following three red kernel maize genotypes were observed: the variety ZP Rumenka and two commercial hybrids ZPH-1 red (FAO 350) and ZPH-2 red (FAO 600). The aim of the study was to determine possible superiority of commercial red maize hybrids over the variety Rumenka in order to produce functional food, i.e. specific flour from red maize. The hybrid ZPH-1 red was the best in the trial with the highest antioxidant activity and anthocyaninins content, as well as, with the highest grain yield. Therefore this hybrid is very suitable for the production of maize for special purposes.

Key words: antioxidant activity, red-kernel maize.

Primljeno: 29. oktobar 2012.
Prihvaćeno: 27. novembar 2012.