

UDK:633.15:575.222.7

Originalni naučni rad

FIZIČKE, HEMIJSKE I TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE NOVIH ZP HIBRIDA KUKURUZA

*Marija Milašinović, Milica Radosavljević, Snežana Jovanović,
J. Jakovljević**

Izvod: U ovom radu ispitivane su fizičke karakteristike (hektolitarska i apsolutna masa, udeo meke i tvrde frakcije endosperma), hemijski sastav (sadržaj skroba, proteina i ulja) i tehnološka vrednost zrna (prinos i iskorišćenje skroba, sadržaj proteina u izolovanom skrobu, prinos glutena, klice i mekinja) 12 novih najšire gajenih ZP hibrida kukuruza u skrobarskoj preradi.

Rezultati su pokazali da se prinos skroba za ispitivane hibride kretao u rasponu od 57,3 % kod hibrida ZP 633 do 69,0 % kod hibrida ZP 808, što odgovara iskorišćenju skroba od 81,5 % i 93,7 %. Prinos glutena bio je najveći kod hibrida ZP 633 (13,5 %), a najmanji kod hibrida ZP 808 (5,3 %). Sadržaj proteina u izolovanim skrobovima se kretao od 0,14-0,29 %, što ukazuje na dobar kvalitet dobijenih skrobova.

Ključne reči: kukuruz, skrobarska (mokra) prerada, iskorišćenje i čistoća skroba

Uvod

Kukuruzni skrob kao osnovni proizvod primarne skrobarske prerade predstavlja polaznu sirovinu za brojne tehnološke i biotehnološke procese u daljoj industrijskoj reprodukciji, odnosno višim fazama prerade (*Johnson, 1994*). Danas postoji čitav niz proizvoda koji se dobijaju iz kukuruznog skroba (*Corn Anual, 2003*). Pored toga što je jedan od bitnih sastojaka ljudske i stočne hrane, kukuruzni skrob ima vrlo široku primenu u proizvodnji: papira, tekstila, namirnica, farmaceutskih i kozmetičkih preparata, potom u rudarstvu, livarstvu, industriji nafte, i u drugim oblastima industrije. Po svojoj hemijskoj strukturi, skrob je smeša dva polisaharida, amiloze i amilopektina. Amiloza je linearna frakcija skroba sastavljena od α -D-glukoza, koje su međusobno povezane α -1,4-

* Marija Milašinović, dipl. ing., dr Milica Radosavljević, viši naučni saradnik, Snežana Jovanović, dipl. ing., Institut za kukuruz, „Zemun Polje“, Beograd-Zemun, dr Jovan Jakovljević, redovni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad.

glukozidnim vezama. Amilopektin je razgranati polisaharid kod koga su linearni delovi makromolekula-polimeri α -D-glukoze povezane α -1,4-glukozidnim vezama, a mesta grananja linearnih polimera su povezana α -1,6-glukozidnim vezama. U proseku kukuruзни skrob se sastoji od 30 % amiloze i 70 % amilopektina.

U našoj zemlji, kao i u svetu, kukuruz predstavlja najznačajniju sirovinu za proizvodnju skroba. Kukuruzno zrno sadrži u proseku oko 70 % skroba. Sadašnja savremena tehnologija dobijanja kukuruznog skroba, u industrijskim razmerama, zasnovana je na koncepciji klasičnog skrobarskog postupka prerade kukuruza, tzv. mokrom mlevenju (*Jakovljević, 1991*). Tehnologija skrobarske ili mokre prerade kukuruza se smatra najsloženijom tehnologijom u prehrambenoj industriji (*Boškov, 1979*). Ukupni domaći kapaciteti za mokru preradu iznose 150 000 tona kukuruza godišnje, od čega se u poslednjih deset godina koristi samo 30 %.

Sve veći značaj savremenih procesa prerade kukuruza nametnuo je potrebu intenzivnijih istraživanja u oblasti kvaliteta i tehnološke vrednosti zrna, kao i veze između faktora kvaliteta i upotrebe kukuruza (*Dorsey-Redding et al., 1991, Jarboe, 1998*). Novi koncept razvijenog tržišta kukuruza je da se identifikuju najznačajniji načini upotrebe, kao i zahtevi svakog pojedinačnog načina upotrebe u pogledu najvažnijih svojstava zrna. Prema procenama vodećih svetskih eksperata u oblasti primene i kvaliteta kukuruza, usaglašavanjem svojstava kukuruza sa zahtevima upotrebe, moguće je povećati upotrebnu vrednost kukuruza.

Sledeći tendencije savremenih svetskih istraživanja u oblasti iskorišćavanja ratar-skih biljaka u Odseku za tehnološka istraživanja Instituta za kukuruz „Zemun Polje“ vrše se višegodišnja ispitivanja kvaliteta i tehnološke vrednosti zrna kukuruza.

Cilj ovog rada je da se primenom postojećih i razvojem novih laboratorijskih metoda odrede fizičke, hemijske i tehnološke karakteristike novih u praksi najšire gajenih ZP hibrida kukuruza u mokroj, odnosno skrobarskoj preradi.

Materijal i metod rada

Za ispitivanje fizičkih karakteristika, hemijskog sastava i tehnološke vrednosti zrna u skrobarskoj preradi odabrano je 12 ZP hibrida kukuruza: ZP 360, ZP 434, ZP 480, ZP 511, ZP 633, ZP 677, ZP 680, ZP 684, ZP 735, ZP 750, ZP 737, ZP 808. Odabrani hibridi su gajeni 2002. godine u istim agrotehničkim uslovima na oglednim parcelama Instituta za kukuruz u Zemun Polju. Setva kukuruza izvršena je po metodi potpuno slučajnog rasporeda parcela u dva ponavljanja.

Metode koje su korišćene za određivanje fizičkih karakteristika (hektolitarska i apsolutna masa, udeo meke i tvrde frakcije endosperma) i hemijskog sastava zrna (sadržaj skroba, proteina i ulja) opisane su detaljnije u ranije objavljenim radovima (*Bekrić, 1997, Radosavljević i sar., 2000, Radosavljević i sar., 2001*).

Za određivanje tehnoloških karakteristika odabranih ZP hibrida kukuruza u skrobarskoj preradi korišćena je modifikovana laboratorijska metoda mokrog mlevenja 100 grama zrna (*Eckhoff et al., 1996, Singh et al., 1997*). Ovom laboratorijskom metodom mokrog mlevenja kukuruzno zrno se uspešno razdvaja na svoje osnovne konstituente: skrob, protein (gluten), klicu/ulje i vlakna (mekinje). Ovaj postupak predstavlja integral-

ni proces više sukcesivnih operacija:

- močenje zrna u vodi za močenje koja sadrži 0,2 % sumpor dioksida na 50° C u trajanju od 48 časova,
- ručna separacija klice, mokro mlevenje odklicanog zrna (omotač+endosperm),
- odvajanje mekinja filtracijom kroz sito 0,5 mm,
- razdvajanje skrobne i glutenske frakcije na stolu za taloženje,
- ispiranje i sušenje skroba.

Razdvajanje skrobne i glutenske frakcije je jedna od najosetljivijih faza mokre prerade kukuruza. Za taloženje skroba, u primenjenoj metodi, korišćeni su aluminijumski stolovi tzv. kanali specijalne konstrukcije (dužine 2 m) postavljeni pod nagibom od 4 %. Skrob se kao frakcija veće specifične mase taloži dok lakši gluten kao suspenzija otiče i sliva se sa kraja stola u postavljenu posudu.

Rezultati istraživanja i diskusija

Istraživanja kvaliteta i tehnološke vrednosti zrna predstavljaju doprinos boljoj valorizaciji kukuruza u industrijskoj preradi, koja je u našoj zemlji skoro simbolično zastupljena, a pre svega u proizvodnji visokovredne hrane i tehničkih proizvoda što ima za cilj povećanje ekonomske vrednosti ove, za našu zemlju najznačajnije, prirodno obnovljive ugljenohidratne sirovine.

U ovom radu prikazani su rezultati fizičkih, hemijskih i tehnoloških karakteristika mokrog mlevenja različitih ZP hibrida kukuruza. Rezultati određivanja fizičkih karakteristika 12 ZP hibrida kukuruza, različite genetičke osnove i različite dužine vegetacije, prikazani su u tabeli 1.

Tab. 1. Fizičke karakteristike zrna 12 ZP hibrida kukuruza

Hibrid	Hektolitarska masa (kgm ⁻³)	Apsolutna masa (g)	Udeo meke frakcije (%)
ZP 360	816,4	327,6	40,9
ZP 434	841,8	351,0	39,0
ZP 480	835,7	307,3	39,4
ZP 511	832,5	352,8	40,6
ZP 633	860,5	311,5	33,1
ZP 677	833,1	335,2	43,4
ZP 680	842,0	358,4	40,2
ZP 684	841,8	336,2	42,3
ZP 735	863,3	304,3	35,5
ZP 737	844,1	298,5	39,0
ZP 750	860,7	270,8	36,6
ZP 808	825,5	309,9	45,5

Hemijski sastav i fizičke karakteristike zrna su osnova za analizu upotrebne vrednosti kukuruza. Hemijski sastav zrna je njegovo najbitnije svojstvo, kako za one koji ga koriste u industrijske svrhe, tako i kod njegove upotrebe za ishranu ljudi i domaćih životinja. Hemijski sastav zrna a posebno sadržaj skroba 12 ispitivanih hibrida kukuruza kretao se u veoma širokom intervalu vrednosti. Sadržaj skroba bio je najniži kod hibrida ZP 735 (69,5 %), a najviši kod hibrida ZP 480 (74,3 %).

Pored hemijskog sastava i fizičke karakteristike kukuruznog zrna, kao što su hektolitarska i apsolutna masa, udeo meke i tvrde frakcije endosperma, predstavljaju veoma važne parametre njegovog kvaliteta.

Hektolitarska ili zapreminska masa predstavlja masu u jedinici zapremine, odnosno gustinu zrnene mase. Kao fizički kriterijum kvaliteta često je kritikovana kao nepouzdan parametar jer više odražava način pakovanja i slaganja zrna nezavisno od veličine i oblika zrna. Ova mera je od značaja za kapacitet skladištenja, transportnih jedinica, kontejnera i kapacitet mašina, a predstavlja i najstariji standardni pokazatelj kvaliteta kukuruznog zrna. Rezultati ovih istraživanja su pokazali da se hektolitarska masa kretala u intervalu od 816,4 kgm⁻³ (ZP 360) do 863,3 kgm⁻³ (ZP 735).

Apsolutna masa ili masa 1000 zrna, kao fizički kriterijum kvaliteta, zavisi od veličine i oblika kukuruznog zrna. Ona se kretala u intervalu od 270,8 g (ZP 750) do 358,4 g (ZP 680).

Udeo meke i tvrde frakcije endosperma predstavlja jedan od važnih parametara tvrdoće zrna kukuruza. Posmatrano sa aspekta primene kukuruza u industriji, tvrdoća zrna je njegovo najbitnije fizičko svojstvo od koga zavise: zapreminska masa i gustina, neke nutritivne karakteristike, osetljivost na lomljenje zrna i obrazovanje prašine (pri manipulaciji i transportu), snaga mlevenja, mogućnost proizvodnje specijalnih kukuruznih proizvoda, kao i prinos glavnih proizvoda suve i vlažne meljave. Rezultati prikazani u tabeli 1. pokazuju da je udeo meke frakcije endosperma bio najniži kod hibrida ZP 633 (33,1 %), a najviši kod hibrida ZP 808 (45,5 %) koji je pokazao i najbolje rezultate u pogledu prinosa skroba.

Rezultati dobijeni ispitivanjem fizičkih karakteristika i osnovnog hemijskog sastava 12 najviše gajenih ZP hibrida kukuruza su u dobroj saglasnosti sa ranije objavljenim rezultatima (Fox et al., 1992, Radosavljević i sar., 2000, Radosavljević i sar., 2002).

Najznačajniji parametri za ocenu tehnološke vrednosti zrna kukuruza u mokroj preradi su prinos, iskorišćenje i čistoća skroba, odnosno sadržaj proteina u izolovanom skrobu. Visoko iskorišćenje i prinos skroba, kao i nizak sadržaj proteina u dobijenom skrobu su osnovni pokazatelji dobro izvedenog postupka mokrog mlevenja kukuruza. Prinos skroba predstavlja odnos količine dobijenog skroba i polazne količine zrna, dok je iskorišćenje skroba procentualni udeo dobijenog skroba u odnosu na količinu ukupno prisutnog skroba u zrnu. U tabelama 2 i 3. prikazani su rezultati dobijeni laboratorijskom simulacijom postupka mokrog mlevenja 12 odabranih ZP hibrida kukuruza.

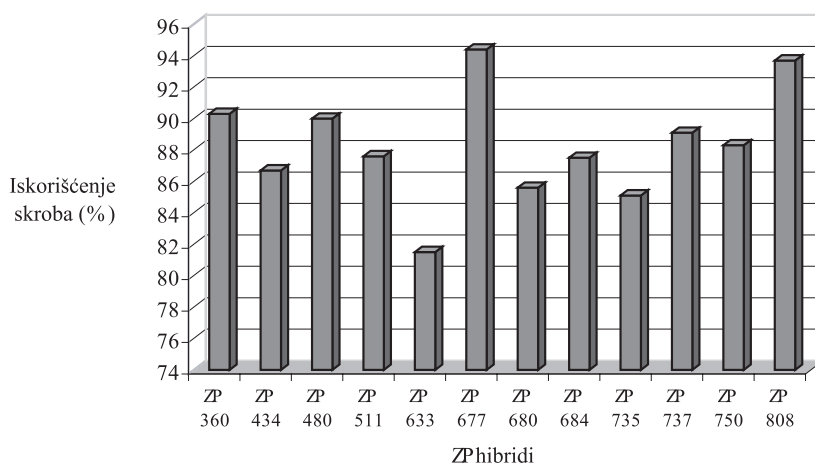
Tab. 2. Tehnološke karakteristike mokrog mlevenja 12 ZP hibrida kukuruza.

Hibrid	Prinos skroba (%)	Prinos glutena (%)	Prinos klice (%)	Prinos mekinja (%)
ZP 360	64,8	8,0	8,4	9,1
ZP 434	62,6	8,6	10,7	9,8
ZP 480	66,9	7,3	8,0	7,9
ZP 511	63,7	9,5	9,6	13,3
ZP 633	57,3	13,5	8,1	12,1
ZP 677	67,8	7,2	9,6	9,3
ZP 680	62,2	10,2	8,1	10,0
ZP 684	63,4	7,9	10,6	11,8
ZP 735	59,2	13,2	7,3	8,2
ZP 737	65,5	9,4	8,0	7,4
ZP 750	64,6	9,0	7,9	7,9
ZP 808	69,0	5,3	7,2	8,0

Tab. 3. Sadržaj, iskorišćenje i čistoća (sadržaj proteina) skroba izolovanog iz zrna 12 ZP hibrida kukuruza

Hibrid	Sadržaj skroba (%)	Iskorišćenje skroba (%)	Sadržaj proteina (%)
ZP 360	71,7	90,3	0,26
ZP 434	72,2	86,7	0,28
ZP 480	74,3	90,0	0,20
ZP 511	72,8	87,6	0,27
ZP 633	70,3	81,5	0,29
ZP 677	71,8	94,4	0,14
ZP 680	72,6	85,6	0,19
ZP 684	72,5	87,5	0,28
ZP 735	69,5	85,1	0,28
ZP 737	73,5	89,1	0,15
ZP 750	73,2	88,3	0,27
ZP 808	73,7	93,7	0,18

Rezultati su pokazali da se prinos skroba za ispitivane hibride kretao u rasponu od 57,3 % za hibrid ZP 633 do 69,0 % za hibrid ZP 808, što odgovara iskorišćenju skroba od 81,5 % i 93,7 %. Najveće iskorišćenje skroba (94,4 %) dobijeno je za hibrid ZP 677 čiji je prinos skroba bio 67,8 % (sl. 1). Prinos glutena bio je najveći kod hibrida ZP 633 (13,5 %), a najmanji kod hibrida ZP 808 (5,3 %), dok se prinos mekinja kretao od 7,4 % (ZP 737) do 13,3 % (ZP 511). Prinos klice kretao se od 7,2 % (ZP 808) do 10,7 % (ZP 434). Sadržaj proteina u izolovanim skrobovima se kretao od 0,14 do 0,29 %, što ukazuje na dobar kvalitet dobijenih skrobova. Za hibrid ZP 808 dobijen je najbolji rezultat u pogledu prinosa ali ne i iskorišćenja skroba. Pored toga, hibrid ZP 808 je imao najmanji prinos glutena i klice. Hibrid ZP 633 imao je najveći prinos glutena, a najmanji prinos i iskorišćenje skroba.

**Sl. 1.** Uporedni prikaz iskorišćenja skroba ZP hibrida kukuruza

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je za mokru preradu pogodan kukuruz mekog, odnosno brašnastog tipa endosperma koji se lakše i kraće moči, što kasnije omogućava bolju separaciju skroba i glutena. Ranije objavljeni rezultati stranih autora pokazuju da varijabilnost prinosa skroba u mokroj preradi najviše zavisi od genetičke osnove (oko 70 %), dok je uticaj faktora spoljašnje sredine oko 30 % (Zehr et al., 1996, Eckhoff, 1999).

Zaključak

Na osnovu ovih istraživanja može se zaključiti da hibridi sa povećanim sadržajem skroba, većim udelom meke frakcije endosperma i manjom hektolitarskom masom daju veće prinose i iskorišćenja skroba u mokroj preradi. Tako je hibrid ZP 808 sa sadržajem skroba od 73,7 %, udelom meke frakcije endosperma od 45,5 % i hektolitarskom masom od 825,5 kgm⁻³ dao najveći prinos (69,0 %) i visoko iskorišćenje skroba (93,7 %). Nasuprot ovome, hibrid ZP 633 sa sadržajem skroba od 70,3 %, udelom meke frakcije endosperma od 33,1 % i hektolitarskom masom od 860,5 kgm⁻³ dao je najmanji prinos (57,3 %) i iskorišćenje skroba (81,5 %).

Hibridi koji daju veći prinos i iskorišćenje skroba istovremeno daju manji prinos glutena i mekinja. Hibridi ZP 808 i ZP 677 su imali najmanji prinos glutena (5,3 % i 7,2 %) i prinos mekinja 8,0 % i 9,3 %, dok je hibrid ZP 633 dao najveći prinos glutena (13,5 %) i prinos mekinja 12,1 %.

Svi skrobovi dobijeni laboratorijskom metodom mokrog mlevenja 100 grama kukuruza imali su nizak sadržaj proteina (0,14-0,29 %), što ukazuje na njihov dobar kvalitet. Visoki prinosi i visoka iskorišćenja skroba, kao i nizak sadržaj proteina u dobijenim skrobovima ukazuju na visoku efikasnost primenjenog postupka mokre meljave i mogućnost njegove primene u oceni tehnološke vrednosti merkantilnog kukuruza za skrobarsku preradu.

Literatura

1. Bekrić, V. (1997): Kvalitet kukuruza i kako ga meriti. Pog. XV u Upotreba Kukuruz. Institut za kukuruz, "Zemun Polje", Beograd-Zemun, 201-242.
2. Boškov Z. (1979): Osnovi tehnologije skroba. Tehnološki fakultet, Jugoslovenski institut prehrambenog inženjerstva, Novi Sad.
3. *Corn Annual 2003*, Corn Refiners Association, Washington, D.C., 2003.
4. Dorsey-Redding C.C. Hurburgh, R., Johnson, L.A., Fox, S.R. (1991): Relationships among maize quality factors. *Cereal Chem.* 68, (6), 602-605.
5. Eckhoff, S.R. (1999): High-extractable starch corn: What is it?. *Wet Milling Notes*, Note No.17, February. Department of Agricultural Engineering, University of Illinois, USA.
6. Eckhoff, S.R., Singh, S.K., Zehr, B.E., Rausch, K.D., Fox, E.J. Mistry, A.K., Haken, A.E., Niu, Y.X., Zou, S.H., Buriak, P., Tumbleson, M.E., Keeling, P.L. (1996): A 100-g Laboratory Corn Wet-Milling Procedure. *Cereal Chem.*, 73, (1), 54-57.

7. Fox S.R., Johnson, L.A., Hurburgh, C.R., Dorsey-Redding, C.C., Bailey, T.B. (1992): Relations of grain proximate composition and physical properties to wet-milling characteristics of maize. *Cereal Chem.* 69(2), 191-197.
8. Jakovljević, J. (1991): Savremeni trendovi u industrijskoj preradi žita. *Žito-hleb*, 18, 27-36.
9. Jarboe, D. (1998): The Iowa Grain Quality Initiative: A value-added grain information resource. In: Report of Fifty-Third Annual Corn & Sorghum Research Conference. American Seed Trade Association, Washington, 41-44.
10. Johnson, L.A. (1994): Corn Processing and Utilization. In: *Encyclopaedia of Agricultural Science*. ed. Academic Press, Center for Crops Utilization Research, Iowa State University, USA, Vol. 1.
11. Radosavljević, M. (2001): Unapređenje tehnološkog postupka za dobijanje skroba. *Časopis za poljoprivrednu tehniku i energetiku u poljoprivredi- PTEP*, 5, (3), 70-74.
12. Radosavljević, M., Bekrić, V., Božović, I., Jakovljević, J. (2000): Physical and chemical properties of various corn genotypes as a criterion of technological quality. *Genetika*, 32, (3), 319-329.
13. Radosavljević, M., Božović, I., Jovanović, R., Bekrić, V., Žilić, S., Terzić, D., Milašinović, M. (2002): Kvalitet zrna i tehnološka vrednost ZP hibrida kukuruza i sorti soje. *Agroznanje*, 3, 13-24.
14. Singh, S.K., Johnson, L.A., Pollak, L.M., Fox, S.R., Bailey, T.B. (1997): Comparison of laboratory and pilot-plant corn wet-milling procedures. *Cereal Chem.*, 74, (1), 40-48.
15. Zehr B.E., Eckhoff, S.R., Nyquist, W.E., Keeling, P.L. (1996): Heritability of product yields from wet-milling of maize grain. *Crop Science*, 36, (5), 1159-1165.

UDC: 633.15:575.222.7
Original scientific paper

PHYSICAL, CHEMICAL AND WET MILLING PROPERTIES OF NEW ZP MAIZE HYBRIDS

*Marija Milašinović, Milica Radosavljević, Snežana Jovanović i
J. Jakovljević**

Summary: Physical properties (test weight, 1000-kernel weight, proportion of soft and hard endosperm fraction), chemical composition (content of starch, proteins and oil) and wet milling properties (yield and starch recovery, protein content in isolated starch, yields of gluten, germ and bran) of newly developed and widely grown 12 ZP maize hybrids for starch processing were determined in the present study.

Obtained results show that the starch yield ranged from 57.3% in ZP 633 to 69.0% in ZP 808, which corresponds to starch recovery in the amount of 81.5%, and 93.7%, respectively. The highest, i.e. lowest gluten yields were detected in ZP 633 (13.5%), i.e. ZP 808 (5.3%), respectively. The protein content in isolated starches ranged from 0.14% to 0.29%, pointing out to high quality of obtained starches.

Key words: maize, wet milling, recovery and purity of starch

* Marija Milašinović, B.Sc., Milica Radosavljević, Ph.D., Snežana Jovanović, B.Sc., Maize Research Institute, „Zemun Polje“, Belgrade-Zemun, Jovan Jakovljević, Ph.D., Faculty of technology, Novi Sad.