

## ZP HIBRIDNI KUKURUZA KAO SIROVINA ZA PROIZVODNJU SKROBA ZP MAIZE HYBRIDS AS A RAW MATERIAL IN THE STARCH PRODUCTION

Dr Milica RADOSAVLJEVIĆ, mr Marija MILAŠINOVIĆ  
Institut za kukuruz «Zemun Polje», Beograd-Zemun

### REZIME

Najznačajnija sirovina za proizvodnju skroba u našoj zemlji kao i u svetu je kukuruz. Kukuruzno zrno sadrži u proseku oko 70% skroba, komponente koja najviše utiče na njegov prinos. Pošto skrob čini 2/3 suve materije kukuruznog zrna, to je ujedno i njegova ekonomski najznačajnija komponenta.

U ovom radu su prikazani rezultati dugoročnog naučnoistraživačkog programa na unapređenju korišćenja ZP hibrida kukuruza kao sirovine za proizvodnju skroba u Odseku za tehnološka istraživanja Instituta za kukuruz „Zemun Polje“. Pregledno je dat zbirni prikaz hemijskog sastava, fizičkih i tehnoloških karakteristika zrna najšire gajenih ZP hibrida kukuruza različitih generacija, različitih grupa zrenja i različitog tipa endosperma.

**Cljučne reči:** ZP hibridi, kukuruz, skrob.

### SUMMARY

Maize is the most important raw material in starch production not only in our country, but also worldwide. Maize grain consists of approximately 70% of starch. Starch is the component that has the greatest influence on the maize grain yield. As starch accounts for two thirds of maize grain dry matter, it is, therefore, economically its most important component.

This paper encompasses results on improvement of ZP maize hybrids utilisation as a raw material for starch production obtained within a long-term scientific and research programme performed at the Technology Research Department at the Maize Research Institute, Zemun Polje. This study presents the chemical composition, physical and technological properties of grains of widely grown ZP maize hybrids of different generations, various maturity groups and different endosperm types.

**Key words:** ZP hybrids, maize, starch

### UVOD

Kukuruz (*Zea mays* L.) je jedna od najznačajnijih gajenih biljaka ne samo u svetu već i u našoj zemlji. Jedan od najvažnijih razloga za superiornost i dominaciju kukuruza je svakako ogromna raznovrsnost njegovih upotreba, odnosno veoma korisni proizvodi i energija u koje lako može biti transformisan (Radosavljević, 2007). Proizvodi od kukuruza dodiruju ljudske živote širom planete proizvodnjom na hiljade proizvoda hrane, sredstava lične higijene i zdravstvene zaštite, proizvoda za domaćinstvo i svih mogućih industrijskih roba i dobara. Pored toga što je postao veoma važan deo našeg svakodnevnog života, zdrave ishrane, održivog razvoja, kukuruz je postao nezaobilazni činilac globalne ekonomije (Corn Annual, 2007).

Moderna shvatanja i pristupi gajenu kukuruza, uključuju redovno rad na njegovoj selekciji, na stvaranju novih hibrida sa određenim i specifičnim namenama, koji se mogu uspešnije koristiti u ishrani domaćih životinja, kao kvalitetnija i vrednija ljudska hrana, ili kao sirovina za industrijsku preradu. Cilj mnogih istraživanja je promena svojstava, kvaliteta i sastava kukuruznog zrna. Druga istraživanja rade se u oblasti tehnologije prerade u cilju boljeg korišćenja zrna. Ispituju se fizičko-hemijske i tehnološke karakteristike zrna u različitim procesima njegove prerade. Rezultati ovih istraživanja mogu znatno uticati na povoljnije i bolje korišćenje kukuruza kao sirovine i dati orijentaciju industriji u odabiranju hibrida kukuruza (Radosavljević i sar. 2005, Radosavljević, 2005a i 2005b).

Industrijska prerada kukuruza kod nas nije se ozbiljnije bavila problemom kvaliteta sirovine, pa je namera ovog rada da skrene pažnju na kukuruz kao sirovinu za proizvodnju skroba i na na taj način bar delimično ukaže na značaj ovog problema.

### MATERIJAL I METOD

Za istraživanja kukuruza kao sirovine za proizvodnju skroba je odabrano 15 ZP hibrida. Sve u radu korišćene metode detaljno

su opisane u ranije objavljenim radovima (Radosavljević i sar. 2001, Milašinović, 2005).

### REZULTATI I DISKUSJA

#### Struktura i fizičke karakteristike zrna kukuruza

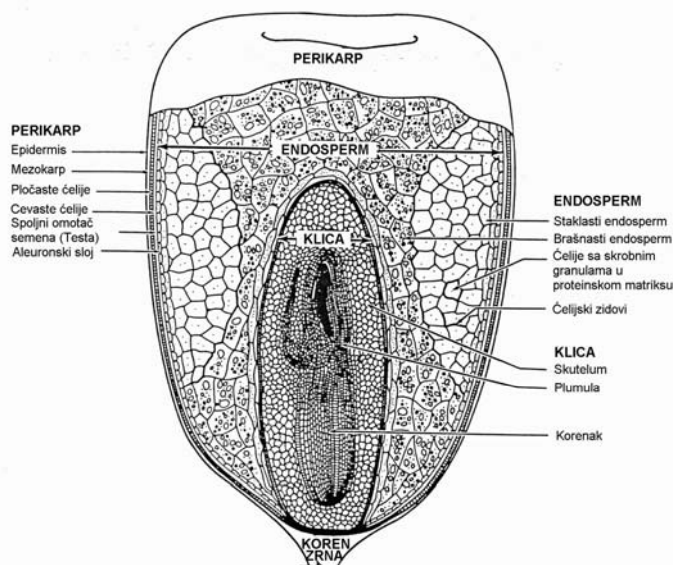
Zrelo zrno kukuruza koje predstavlja najznačajniju sirovinu za proizvodnju komercijalnog skroba sastavljeno je iz tri osnovna dela: perikarpa (omotač), endosperma i klice. Morfološka građa i struktura zrna kukuruza date su na slici 1. Na osnovu strukture zrna i sastava endosperma svi komercijalno gajeni hibridi kukuruza mogu se svrstati u jedan od pet osnovnih tipova: zubani, tvrdunci, brašnasti, kokičari i šećerci. Kod većine komercijalnih hibrida odnosi strukturnih delova zrna su slični, dok kod specifičnih tipova (hibridi siromašni i bogati uljem) može biti značajnijih odstupanja u ovim odnosima.

Endosperm zrna kukuruza je kod svih tipova zrna zastupljen u najvećem procentu, 70-85% ukupne težine zrna. Čelije endosperma su bogate skrobom a umerene u sadržaju proteina i imaju ulogu da obezbede dovoljnu količinu energije i hranljivih materija za klijanje embrija. Granule skroba su "zarobljene" u proteinskom matriksu koji mora biti razbijen u toku postupka mokre prerade ukoliko se želi dobiti optimalno iskorišćenje frakcija skroba i glutena. Endosperm je sastavljen iz više strukturnih delova od kojih su staklasti i brašnasti deo najvažniji za mnoga svojstva endosperma. Odnos staklastog i brašnog dela endosperma kod različitih tipova zrna je različit. Poznato je da periferne čelije ispod aleuronskog sloja tzv. subaleuronski sloj ili gusti periferni endosperm obiluje proteinima. Ovaj sloj endosperma sadrži i do 28% proteina, raspoređenog u relativno debeloj proteinskoj mreži koja je i uzročnik mnogih poteškoća u fazi rafinacije skroba kod mokre prerade kukuruza. Iz brašnog dela endosperma ekstrakcija skroba se odvija veoma lako međutim, za maksimalno iskorišćenje skroba iz rožastog dela endosperma neophodno je u fazi močenja zrna primeniti agense koji će po-

moći njegovom omekšavanju i "rastresanju" veoma zbijene strukture. Aleuronski sloj iako morfološki pripada endospermu, najčešće zaostaje u mekinjama bilo da se radi o produktima suve ili mokre prerade kukuruza.

U hibridima žutih zubana udeo klice u celom zrnu kreće se prosečno ispod 12% dok je kod visokouljanih i opaque-2 hibrida udeo povećan i do 16%. Skutelum i embrioni deo su dva najvažnija dela klice od kojih skutelum zauzima oko 80% ukupne težine klice. Po svom hemijskom sastavu kukuruzna klica sadrži preko 80% ukupnog ulja zrna, preko 80% mineralnih materija, kao i preko 60% rastvorljivih ugljenih hidrata i oko 20% procenata ukupnog sadržaja proteina zrna.

Omotač ili perikarp morfološki pripada endospermu i ima zaštitnu ulogu zrna. Udeo perikarpa u celom zrnu varira zavisno od tipa hibrida. Njega čini više slojeva različitih vrsta membranskih ćelija, a debljina i propustljivost perikarpa utiču na brzinu sušenja i bubrenja zrna.



Sl. 1. Poprečni presek zrna kukuruza  
Fig 1. Cross section of the maize kernel

Tabela 1. Struktura zrna ZP hibrida kukuruza  
Table 1. The kernel structure of ZP maize hybrids

Hibrid /Hybrid	Perikarp / Pericarp (%)	Klica / Germ (%)	Endosperm / Endosperm (%)
ZP 74b	8,1	11,9	79,9
ZP 243	5,2	12,5	82,3
ZP 300b	5,7	14,7	79,6
ZP 341	6,5	12,1	81,5
ZP 434	6,5	11,9	81,7
ZP 544	6,2	12,7	81,1
ZP 578	6,1	11,4	82,6
ZP 599	6,7	12,6	80,7
ZP 611k	9,0	10,0	81,0
ZP 633	5,5	11,2	83,3
ZP 677	6,3	11,9	81,8
ZP 684	6,4	11,8	81,8
ZP 704	6,3	12,6	81,0
ZP 704wx	6,4	11,9	81,7
ZP Rumenka	7,6	12,7	79,7
Prosek/Mean	6,6	12,1	81,3
Minimum/Min	5,2	10,0	79,6
Maksimum/Max	9,0	14,7	83,3
SD	1,0	1,0	1,1

U savremenim procesima prerade kukuruza tehnološku vrednost zrna najvećim delom određuju tipovi endosperma zbog čega je od posebnog značaja uočiti razlike u fizičkim karakteristikama i hemijskom sastavu hibrida sa različitim osobinama endosperma. Rezultati ispitivanja strukture zrna odnosno sadržaj perikarpa, klice i endosperma 15 ispitivanih ZP hibrida kukuruza prikazani su u tabeli 1. Ovi rezultati pokazuju da se udeo fizičkih delova zrna ispitivanih hibrida kretao u sledećim intervalima vrednosti: endosperm 79,6-83,3%, klica 10,0-14,7% i perikarp 5,2-9,0%.

Pored strukture zrna, određivane su i druge fizičke karakteristike (apsolutna i hektolitarska ili zapreminska masa, gustina, indeks flotacije i apsorpcije vode, otpornost na mlevenje, udeo tvrde i meke frakcije endosperma) 15 odabranih ZP hibrida kukuruza. Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Fizičke karakteristike zrna ZP hibrida kukuruza\*  
Table 2. Physical Properties of Kernels of ZP Maize Hybrids

Hibrid / Hybrid	AM	HM	G	IF	OM	TF	MF	IAV
ZP 74b	350,4	774,4	1,27	9,3	17,3	61,9	38,1	0,258
ZP 243	274,7	721,0	1,20	62,5	16,9	58,2	41,8	0,244
ZP 300b	296,9	729,6	1,23	50,5	13,5	59,5	40,5	0,220
ZP 341	331,4	783,8	1,25	33,7	19,9	57,3	42,7	0,231
ZP 434	355,1	780,3	1,26	22,3	16,6	58,8	41,2	0,225
ZP 544	353,1	766,3	1,26	28,2	14,1	54,1	45,9	0,235
ZP 578	304,8	751,3	1,27	3,0	16,9	61,9	38,2	0,242
ZP 599	323,6	718,3	1,23	55,2	15,5	55,0	45,0	0,270
ZP 611k	162,4	902,7	1,32	0,0	19,4	72,8	27,2	0,233
ZP 633	317,8	737,1	1,29	5,4	18,8	64,5	35,5	0,225
ZP 677	345,8	751,9	1,26	20,3	14,6	58,9	41,1	0,238
ZP 684	344,8	772,3	1,26	18,9	13,7	54,5	45,5	0,246
ZP 704	313,1	740,1	1,22	56,9	13,4	52,3	47,7	0,253
ZP 704wx	325,7	721,2	1,26	14,6	11,0	55,4	44,6	0,289
ZP Rumenka	251,9	793,0	1,26	25,0	16,6	62,6	37,4	0,271
Prosek	310,1	762,9	1,26	27,1	15,9	59,2	40,8	0,245
Minimum	162,4	718,3	1,20	0,0	11,0	52,3	27,2	0,220
Maksimum	355,1	902,7	1,32	62,5	19,9	72,8	47,7	0,289
SD	50,4	45,9	0,03	20,6	2,5	5,1	5,1	0,020

\*AM-apsolutna masa (g)/ 1000-kernel weight (g); HM-hektolitarska masa ( $\text{kgm}^{-3}$ )/ test weight ( $\text{kgm}^{-3}$ ); G-gustina, ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )/ density ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ); IF-flotacioni indeks (%) / flotation index (%); OM-otpornost na mlevenje, (s)/ milling response. (s); TF-tvrda frakcija, (%) / hard endosperm (%); MF-meke frakcija, (%) / soft endosperm. (%); IAV-indeks apsorpcije vode/ water absorption index.

Apsolutna masa zrna ispitivanih hibrida kretala se u rasponu od 162,4 g (ZP 611k) do 355,1 g (ZP 434). Hektolitarska masa i gustina zrna kretale su se od 718,3  $\text{kgm}^{-3}$  i 1,20  $\text{gcm}^{-3}$  kod hibrida ZP 599 i ZP 243 do 902,7  $\text{kgm}^{-3}$  i 1,32  $\text{gcm}^{-3}$  kod hibrida 611k. Indeks flotacije kao veoma značajan pokazatelj tvrdoće kretao se od 0 za ZP 611k do 62,5 za ZP243. Otpornost na mlevenje je bila u rasponu od 11 s (ZP 704wx) do 19,9 s (ZP 341), dok se udeo tvrde i meke frakcije endosperma kretao od 52,3 odnosno 47,7% za ZP 704 do 72,8 odnosno 27,2% za ZP 611k.

Indeks apsorpcije vode kod ispitivanih hibrida bio je u veoma širokom intervalu, od najnižeg 0,220 (ZP 300b) do najvišeg 0,289 (ZP 704wx). Na osnovu ovako dobijenih rezultata može se zaključiti da se ispitivani ZP hibridi kukuruza različitog tipa endosperma znatno razlikuju po svojim fizičkim karakteristikama zrna.

### Hemijski sastav zrna kukuruza

Posmatrano sa aspekta primene i korišćenja kukuruza hemijski sastav zrna je njegovo najbitnije svojstvo. Skrob je glavni ugljenohidratni i istovremeno glavni hemijski konstituent zrna kukuruza. U proseku njegov sadržaj se kreće oko 70%. Najveći deo skroba nalazi se u endospermu zrna, oko 86-88%, dok su značajne količine ovog dominantnog hemijskog konstituenta pronađene i u drugim strukturnim delovima zrna. Primenom selekcije zasnovane na molekularnim markerima u cilju dobijanja željenog genotipa koja se sada već rutinski koristi u programima oplemenjivanja kukuruza, genetički je moguće kontrolisati molekulsku strukturu skroba, a samim tim menjati i njegova svojstva (Drinić i Radosavljević, 2007).

Rezultati određivanja osnovnog hemijskog sastava zrna 15 najšire gajenih ZP hibrida kukuruza, različite grupe zrenja i različitog tipa endosperma prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Hemijski sastav zrna ZP hibrida kukuruza

Table 3. Chemical composition of *Kerneles of ZP Maize Hybrids*

Hibrid/Hybrid	Skrob / Starch (%)	Proteini / Protein (%)	Ulje / Oil (%)	Celuloza / Cellulose (%)	Pepeo / Ash (%)
ZP 74b	70,7	9,6	4,8	2,4	1,3
ZP 243	70,2	10,6	5,7	2,0	1,5
ZP 300b	69,6	9,4	6,7	2,0	1,4
ZP 341	69,0	9,3	5,8	2,0	1,3
ZP 434	69,0	9,4	5,9	2,0	1,4
ZP 544	69,4	10,2	5,1	1,9	1,4
ZP 578	73,0	8,6	5,1	1,8	1,3
ZP 599	67,5	9,6	5,4	2,2	1,4
ZP 611k	68,2	12,7	4,8	2,3	1,5
ZP 633	72,8	9,9	5,1	2,8	1,4
ZP 677	70,2	9,6	5,1	2,1	1,4
ZP 684	70,5	8,8	4,8	2,1	1,4
ZP 704	70,6	9,6	5,0	2,1	1,4
ZP 704wx	71,2	9,4	4,7	2,3	1,4
ZP Rumenka	67,9	11,1	6,4	2,0	1,5
Prosek/Mean	70,0	9,9	5,4	2,1	1,4
Minimum/Min	67,5	8,6	4,7	1,8	1,3
Maksimum/Max	73,0	12,7	6,7	2,8	1,5
SD	1,6	1,0	0,6	0,2	0,1

Osnovni hemijski sastav zrna 15 ispitivanih hibrida bio je u sledećim intervalima: sadržaj skroba od 67,5 do 73,0%; ulja od 4,7 do 6,7%; proteina od 8,6 do 12,7%; celuloze od 1,8 do 2,8% i pepela od 1,3 do 1,5%. Rezultati dobijeni ispitivanjima hemijskog sastava i fizičkih karakteristika zrna kao kriterijuma kvaliteta i tehnološke vrednosti zemunpoljskih hibrida kukuruza su

uporedivi sa rezultatima vodećih istraživačkih centara u svetu. Velike razlike u ispitivanim fizičkim karakteristikama i hemijskom sastavu zrna ZP hibrida kukuruza pružaju raznovrsne mogućnosti njihove primene. Rezultati ovih istraživanja ukazuju na izuzetno veliki značaj ispitivanja priznatih hibrida kukuruza u pogledu hemijskog sastava i fizičkih karakteristika na osnovu kojih treba vršiti izbor odgovarajućih hibrida za određenu namenu. Iskustva i rezultati dobijeni u Institutu za kukuruz su od izuzetnog značaja i mogu se primeniti u širokoj proizvodnoj praksi što se u krajnjoj meri može odraziti na još intenzivnije korišćenje i bolju valorizaciju ove naše najznačajnije ugljenohidratne prirodnoobnovljive sirovine. Veoma je važno da se rad na realizaciji projekata u oblasti nauke i tehnologije prerade kukuruza koja je posmatrano i u svetskim razmerama veoma značajna, interesantna i aktuelna, a koji za cilj imaju unapređenje korišćenja kukuruza nastavi i u budućnosti. Rezultati dosadašnjih naših i stranih proučavanja hemijskog sastava i fizičkih karakteristika hibrida kukuruza pokazali su da najveći broj ispitivanih karakteristika zrna varira u zavisnosti od genetičke osnove odnosno vrste hibrida, uslova gajenja i spoljašnje sredine (Bekrić, 1997, Radosavljević i sar. 2006, Milašinović i sar. 2007a, Radosavljević i Milašinović, 2008).

### Tehnološke karakteristike zrna kukuruza

Kao bogat izvor ugljenih hidrata odnosno skoba kukuruz predstavlja polaznu sirovinu tri osnovna procesa prerade: mokro mlevenje ili skrobarska prerada, suva ili mlinarska prerada i biotehnološka/fermentaciona prerada. Usled energetske krize i ograničenih rezervi neobnovljivih izvora energije kukuruz je danas postao veom važna sirovina za proizvodnju bioetanolu, biodegradabilne plastike i drugih ekološki bezbednih proizvoda (Radosavljević, 2006).

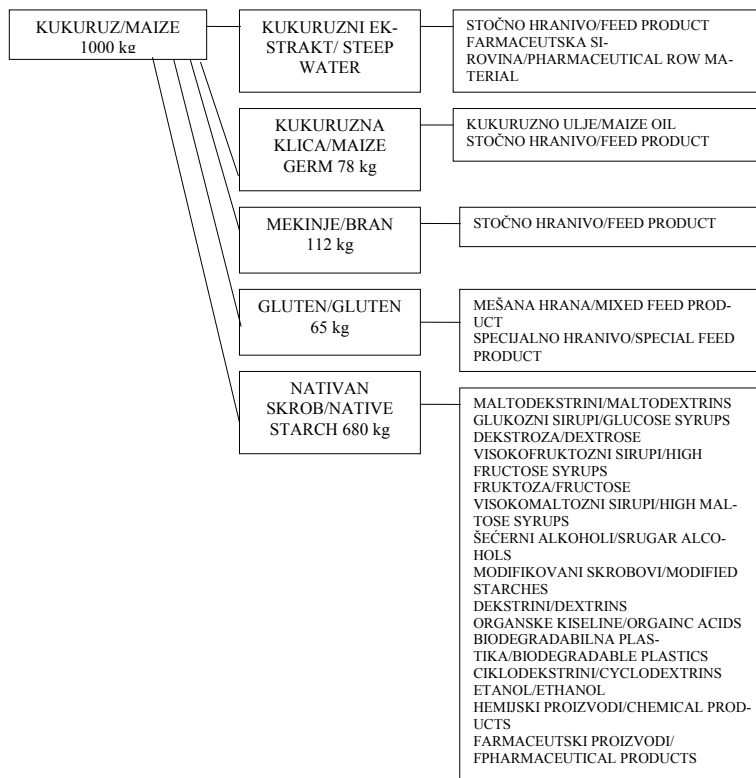
Tehnološki postupak, koji se primenjuje pri mokroj preradi kukuruza odnosno njegovoj preradi na skrobarski način, sastoji se od nekoliko osnovnih faza:

- Močenje zrna
- Separacija klice
- Izdvajanje mekinje
- Izdvajanje glutena
- Pranje skroba
- Sušenje skroba

Skrobarskom preradom kukuruza dobijaju se sledeći proizvodi: skrob, gluten, mekinje, klica i voda od močenja (kukuruzni ekstrakt). U praksi se najčešće sreće materijalni bilan sirovine i finalnih proizvoda prikazan na slici 2.

Najznačajniji parametri za ocenu tehnološke vrednosti zrna hibrida kukuruza u mokroj odnosno skrobarskoj 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.

Prva ispitivanja fizičko-hemijskih i tehnoloških svojstava ZP hibrida kukuruza u procesu mokre prerade urađena su još sredinom sedamdesetih godina prošlog veka (Bebić, 1974. i 1976). Laboratorijskim postupkom mokre prerade ispitivano je i poređeno šest različitih hibrida u postipku mokre prerade. Došlo se do zaključka da svi ispitivani hibridi nemaju istu tehnološku vrednost za skrobarsku industriju. Žuti zubani su dali najveći prinos suve materije u frakciji skroba, što im je, sa klasičnog stanovišta mokre prerade, dalo primat.



Sl. 2. Materijalni bilans sirovine i proizvoda mokre prerade kukuruza

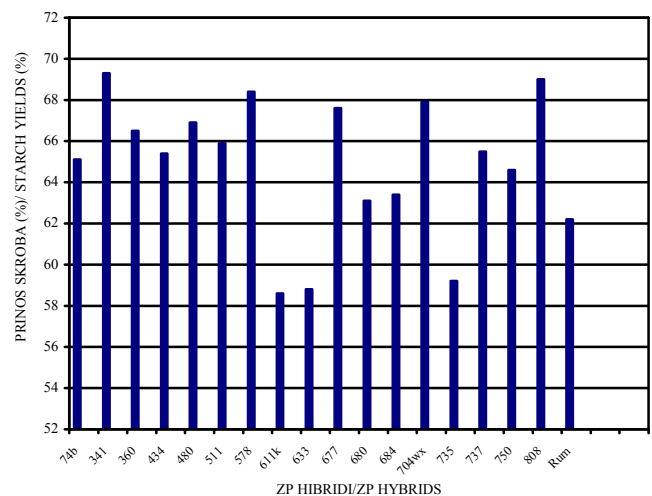
Fig 2. Row material and products balance in wet-milling process

Tri decenije kasnije za određivanje tehnoloških karakteristika odabranih, novih i najšire gajenih, ZP hibrida kukuruza u skrobarskoj preradi korišćena je modifikovana laboratorijska metoda mokrog mlevenja 100 grama zrna (Milašinović, 2005). Za istraživanja tehnoloških karakteristika zrna u skrobarskoj preradi odabrano je 12 ZP hibrida kukuruza, različite genetičke osnove i dužine vegetacije, a najviše zastupljenih u proizvodnji. Utvrđeno je da hibridi sa najvećim prinosom skroba ne moraju dati i najveće iskorišćenje skroba, a da se sa povećanjem prinosa i iskorišćenja skroba smanjuje prinos glutena. Sadržaj proteina u izolovanim skrobovima je veoma nizak što ukazuje na efikasnost primenjene metode za mokru meljavu i dobar kvalitet dobijenih skrobova. Sadržaj amiloze i amilopektina u ovim skrobovima karakterističan je za normalne kukuruzne skrobove. Hektolitarska masa, gustina zrna i udeo meke frakcije endosperma kao važni fizički faktori kvaliteta za određivanje tehnološke vrednosti zrna kukuruza u mokroj preradi dale su najveći broj visokih korelacija sa statističkom značajnošću na nivou verovatnoće 0,05 i 0,01. Ove tri fizičke karakteristike zrna imale su najveći uticaj na karakteristike mokrog mlevenja ispitivanih hibrida kukuruza. Osnovni hemijski sastav zrna nije značajno uticao na prinos i iskorišćenje skroba, odnosno njihove procesne karakteristike. Hibridi sa manjom hektolitarskom masom i gustinom zrna, a većim udelom meke frakcije endosperma daju veći prinos, iskorišćenje i čistoću skroba. Utvrđene su jednačine linearne i višestruke regresione analize koje mogu poslužiti za predviđanje tehnološkog kvaliteta zrna, odnosno prinosa, iskorišćenja i čistoće skroba.

Ispitivana je i mogućnost procesne valorizacije visokouljanih ZP hibrida kukuruza kao primarne sirovine u procesu vlažnog (skrobarskog) mlevenja kukuruza (Jovanović, 2007). Sa stanovišta skrobarske prerade ispitivani uzorci visokouljanih hibrida su pokazali prihvatljiv i dobar kvalitet i prinos skroba, koji je bio u

pozitivnoj korelaciji sa procentom skroba u zrnu kukuruza za razliku od iskorišćenja skroba koje nije pokazalo odgovarajuću korelaciju sa sadržajem skroba u zrnu kukuruza. Sadržaj proteina u ispitivanim skrobovima kretao se od 0,37 do 0,70% i prema literaturnim vrednostima ukazuje na prihvatljiv kvalitet dobijenih skrobova za komercijalne namene u skrobarskoj industrijskoj reprodukciji.

Na slici 3 prikazani su najnoviji rezultati prinosa skroba dobijeni laboratorijskom simulacijom postupka mokrog mlevenja odabranih ZP hibrida kukuruza (Milašinović i sar. 2007b). Ovi rezultati su pokazali da se prinos skroba za ispitivane genotipove kretao u rasponu od 58,6% za hibrid ZP 611k do 69,3% za hibrid ZP 341 što odgovara iskorišćenju skroba od 83,8% i 95,2%. Najveće iskorišćenje skroba (95,3%) dobijeno je za hibrid ZP Rumenka čiji je prinos skroba bio samo 62,2%. 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 16,4% (ZP 611k). Prinos klice kretao se od 7,2% (ZP 808) do 9,7% (ZP Rumenka). Dakle, za hibride ZP 341 i ZP 808 dobijeni su najbolji rezultati u pogledu prinosa skroba. Najveće iskorišćenje skroba pokazali su hibridi ZP Rumenka i ZP 341. Pored toga, hibrid ZP 808 je imao najmanji prinos glutena i klice. Hibridi ZP 633, ZP 735 i ZP 611k su imali najveći prinos glutena, a najmanji prinos i iskorišćenje skroba. Dakle, sa povećanjem prinosa i iskorišćenja skroba, smanjuje se prinos glutena. Specifični hibridi, ZP 74b, ZP 611k i ZP Rumenka, imali su najveći prinos mekinja što se je posledica specifične strukture zrna ovih hibrida (povećan udeo perikarpa u zrnu).



Sl. 3. Prinos skroba zrna ZP hibrida kukuruza  
Fig 3. Starch yield of maize grain of ZP hybrids

Za razliku od gore pomenutih hibrid voštanog kukuruza, ZP 704wx, pokazao je veoma dobre karakteristike mokrog mlevenja. Sadržaj proteina u izolovanim skrobovima se kretao od 0,11 do 0,29%. Sadržaj amiloze u izolovanim skrobovima 18 ZP hibrida je bio karakterističan za normalne odnosno voštane kukuruzne skrobove. Skrobovi izolovani iz specifičnih hibrida (ZP 74b, ZP 611k i ZP Rumenka) imali su sadržaj amiloze karakterističan za normalne kukuruzne skrobove. Sadržaj rezistentnog skroba (RS) je bio u korelaciji sa sadržajem amiloze. U voštanom uzorku skroba RS je bio najniži, 0,6%, dok je u normalnom skrobu hibrida ZP 808 njegov sadržaj bio najviši, 1,6%.

Rezultati ovih istraživanja su pokazali da su hibridi ZP 341, ZP 808, ZP 578, ZP 704wx i ZP 677 imali veoma dobre karakteristike mokrog mlevenja i kao takvi su veoma pogodni kao sirovina za skrobarsku preradu, dok su hibridi ZP 611k, ZP 633, ZP 735 i ZP Rumenska bili veoma nepogodni za ovaj postupak prerade kukuruza.

## ZAKLJUČAK

Genetička varijabilnost kukuruza pruža tehnološkoj preradi široku lepezu najraznovrsnijih kvalitativnih svojstava koja se mogu optimalno upotrebiti za različite proizvode i namene, s jedne strane, dok sa druge mogu biti pouzdani putokaz istraživačima koji se bave njegovom selekcijom i oplemenjivanjem, kojim pravcima usmeriti pojedina istraživanja u toj oblasti. Za našu stvarnost ova činjenica ima poseban značaj iz više razloga:

- dominantne zastupljenosti kukuruza kao sirovine u prehrambenoj industriji i proizvodnji alkohola,
- visokih prinosa po hektaru i potencijalno moguće značajne proizvodnje,
- postojanje specijalizovanih naučnoistraživačkih instituta i velikog broja hibrida stvorenih u našim naučnoistraživačkim centrima,
- razvijene (potencijalno) industrije za tehnološku preradu,
- nepovoljne strukture njegove prerade kao i potrošnje u zemlji, zbog čega komparativne prednosti u području proizvodnje ili nauke nemogu da dođu do potpunijeg izražaja, što se nepovoljno odražava na celokupnu poziciju državne ekonomije.

*NAPOMENA: Ministarstvo nauke Republike Srbije, Nacionalni program „Biotehnologija i agroindustrija“ Projekat BTN-321001B: Razvoj novih biološki vrednih proizvoda od kukuruza.*

## LITERATURA

- [1] Bebić Z: Ispitivanje fizičko-hemijskih i tehnoloških osobina zrna hibrida kukuruza u procesu mokre prerade. Tehnološki fakultet, Novi Sad, Magistarski rad, 1974.
- [2] Bebić Z: Ispitivanje fizičko-hemijskih i tehnoloških osobina zrna hibrida kukuruza u procesu mokre prerade. Arhiv za poljoprivredne nauke, (1976) 29:108, s. 117-138.
- [3] Bekrić, V: Upotreba kukuruza. Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun, 1997.
- [4] Corn Annual 2007, Corn Refiners Association, Washington D.C, 2007.
- [5] Drinić G, Radosavljević Milica: Oplemenjivanje i korišćenje kukuruza – Rezultati i perspektive. U okviru monografije „Unapređenje poljoprivredne proizvodnje na Kosovu i Metohiji“, D. Knežević (ed). Poljoprivredni fakultet Priština-Lešak, 2007, s. 107-115.
- [6] Jovanović P: Mogućnosti procesne valorizacije visokoulnjanih hibrida kukuruza. Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2007.
- [7] Milašinović Marija: Fizičke, hemijske i tehnološke karakteristike novih ZP hibrida kukuruza. Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2005.
- [8] Milašinović Marija, Radosavljević Milica, Dokić Ljubica, Jakovljević J: Wet Milling Properties of ZP Maize Hybrids. *Maydica*, (2007a) 52(3), p. 289-292.
- [9] Milašinović Marija, Radosavljević Milica, Dokić Ljubica, Jakovljević J, Kapusniak J, Jane Jay-lin: Wet-milling properties and characterization of starch in various ZP maize genotypes, I International congress "Food Technology, Quality and Safety", XVI Symposium of Cereal-Bread, 13-15.XI 2007b, Novi Sad, s. 107-114.
- [10] Radosavljević Milica, Božović Irina, Bekrić V, Jovanović R, Žilić Slađana, Terzić Dušana: Savremene metode određivanja kvaliteta i tehnološke vrednosti kukuruza. *PTEP-časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, (2001) 5:3, s. 85-88.
- [11] Radosavljević Milica, Jovanović R, Vančetočić Jelena: Kvalitet zrna i mogućnosti korišćenja ZP hibrida kukuruza. *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, (2005) 9: 1-2, s.12-14.
- [12] Radosavljević Milica: Celgran proizvod od kukuruznog oklaska za odmašćivanje poliranje metalnih površina. Elaborat Projekata Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije ev.br. BTN.2.1.0707.B. Institut za kukuruz «Zemun Polje», Beograd-Zemun, 2005a.
- [13] Radosavljević Milica: Visokovredna hrana na bazi kukuruza-Ekstrudovane i mikronizovane pahuljice. Elaborat Projekata Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije ev.br BTN.2.1.2.0708.B. Institut za kukuruz «Zemun Polje», Beograd-Zemun, 2005b.
- [14] Radosavljević Milica, Pajić Zorica, Milašinović Marija: Kvalitet zrna ZP hibrida kukuruza specifičnih svojstava. Zbornik naučnih radova XX savetovanja agronoma, veterinar i tehnologa, Beograd, 16-17. februar 2006, 12: 1-2, s. 59-66.
- [15] Radosavljević Milica: Kvalitet zrna i mogućnosti namenskog korišćenja kukuruza. *Mlinpek almanah*, godina XII, decembar 2006, broj 133, s. 7-10.
- [16] Radosavljević Milica: Kukuruz - Obnovljiv izvor energije i priroznog proizvoda, *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, (2007) 11: 1-2, s. 40-41.
- [17] Radosavljević Milica, Milašinović Marija: Maize Grain – Quality and Products. Workshop „Trends in Cereal Science and Technology: Industrial Applications“, 4&5 February 2008, Thessaloniki, Greece.

Primljeno: 20.03.2008.

Prihvaćeno: 05.04.2008.