

UDK 664.784.8

## Fizičko-hemijske karakterisrike i hemijski sastav frakcije kukuruznog oklaska

- Originalan naučni rad -

Irina BOŽOVIĆ, Milca RADOSAVLJEVIĆ, Rade JOVANOVIĆ,  
Slađana ŽILIĆ, Vitomir BEKRIĆ i Dušanka TERZIĆ  
Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun

**Izvod:** U radu su date fizičko-hemijske karakteristike i hemijski sastav frakcija kukuruznog oklaska dobijenih po originalnoj ZP tehnologiji. Različit hemijski sastav i fizičko-hemijske karakteristike ovih frakcije - celgran A, B, C, pre svega visoka sposobnost vezivanja tečnosti, naročito ulja i vode, opredeljuju njihovu upotrebu kao medijuma za odmašćivanje i sušenje. Velika tvrdoća i abrazivna sposobnost proizvoda dobijenih mlevenjem oklaska našla je primenu za poliranje u metaloprerađivačkoj industriji, a sadržaj nekih jedinjenja od posebnog je značaja u hemijskoj industriji. Zbog svoje inertnosti, neutralne pH vrednosti i odsustva teških metala ovi proizvodi nalaze primenu kao organski nosači u proizvodnji pesticida i agrohemijskih, kao i u kozmetici i farmaciji.

**Ključne reči:** Apsorpcija, celgran, frakcija, kukuruzni oklasak, lignocelulozni granulati.

### Uvod

Oklask (kočanka) predstavlja vreteno klipa, najčešće cilindričnog oblika, koji ima fiziološku funkciju da zrno koje se razvija obezbeđuje fotosintetičkim jedinjenjima i vodom. Na poprečnom preseku oklaska upadljivo se razlikuju tri zone: centralna, koja čini srž i koja zauzima centar vretena, zona drvenastog cilindra i periferni sloj koji se sastoji od sloja grubih i sloja finih plevica. Od moćnog sprovednog sistema koji je kroz celo vreteno klipa praćen kompleksnim sistemom sklerenhima i odrvenjenog parenhima, tokom zrenja se formira jedan odrvenjeni cilindar čiji je središnji deo ispunjen mekanim parenhimom koji se sušenjem smanjuje, tako da se u suvom stanju oklaska često čini šupljikavim, *Bekrić i sar.*, 1998.

Kukuruzni oklasak ili kočanka predstavlja veoma značajan sporedni proizvod pri proizvodnji kukuruznog zrna. Na svaku tonu kukuruznog zrna dobija se 180 do 200 kg oklaska. Godišnje se u našoj zemlji dobija oko 1,2-1,5 miliona tona ove sekundarne sirovine. Tradicionalna upotreba oklaska u poljoprivredi, kao ogreva ili grube celulozne hrane za životinje, danas je znatno proširena na industriju.

U svetu se najveća količina oklaska u industrijskoj preradi koristi u hemijskoj industriji za proizvodnju furfurola, dok ostatak nakon njegovog izdvajanja (masa koja sadrži degradirane delove celuloze) nalaze upotrebu kao specifična hrana ili za proizvodnju aktivnog uglja. Činjeni su pokušaji da se iz oklaska industrijskom preradom dobiju sledeći proizvodi: sirćetna kiselina, metanol, drveni ugalj, ksilitol, furfural itd, **Foley i Vander Hooven**, 1981. U našoj zemlji ne postoji ni jedan pogon za komercijalnu preradu oklaska. U našoj zemlji veća pažnja se uglavnom posvećuje direktnom sagorevanju oklaska za grejanje i zagrevanje vazduha za sušenje zrna.

Hemijski sastav oklaska, a pre svega fizičko-hemijske osobine (rastvorljivost, apsorpcija) zatim neutralna pH vrednost, odsustvo smola i voskova, kao i bitna činjenica da su teški metali prisutni ili u zanemarljivim količinama ili ih uopšte nije moguće detektovati, čini ga idealnim organskim nosačem. Idealan je nosač mikroingradijenata, za stočnu hranu, pre svega najvećeg broja vitamina, zatim u farmaceutskoj industriji - nosač za antibiotike, u kozmetici nosač dezodoranasa, itd. Međutim, polazna sirovina za industrijsku preradu, kao i za ostale namene zahteva njegovo fizičko prilagođavanje, odnosno mehaničko usitnjavanje, granuliranje i otprašivanje. Za tako dobijenim celuloznim granulatima postoji veliko interesovanje u metalopreradaivačkoj industriji za odmašćivanje, sušenje i poliranje metalnih površina, kao i za pranje vodenih površina od izlivena nafte ili mazuta, **Bekrić i sar.**, 2000a.

### Materijal i metode

Prerada oklaska za razne vidove upotrebe je veoma složena. Neki prerađivači tvrde da više košta samleti jednu tonu oklaska (zbog velike tvrdoće) nego izuzetno tvrde rude gvožđa, **Bekrić**, 1997. Oklasak je po prirodi toliko abrazivan tako da stalno haba radne delove mašina za mlevenje, pa čak i žičana sita od nerđajućeg čelika koja se koriste za prosejavanje, tj. granulaciju. U procesu skladištenja oklaska neophodno je obezbediti odgovarajuće uslove, jer vlažan brzo buđa i postepeno truli i često se spontano zapali razvijajući mokar, škodljiv sladak miris. Mlevene čestice su suve i pri manipulaciji njima postoji opasnost od eksplozije. U praksi su isprobavani mnogi sistemi mlinske opreme od kojih se većina pokazala neefikasnom. U cilju rešavanja navedenih problema, pošlo se od teoretske pretpostavke da se proces mehaničkog usitnjavanja do željene veličine čestice, otprašivanja i granuliranja izvodi serijom gnječilica-drobitilica i mlinovima čekićarima, **Bekrić i sar.**, 2000b.

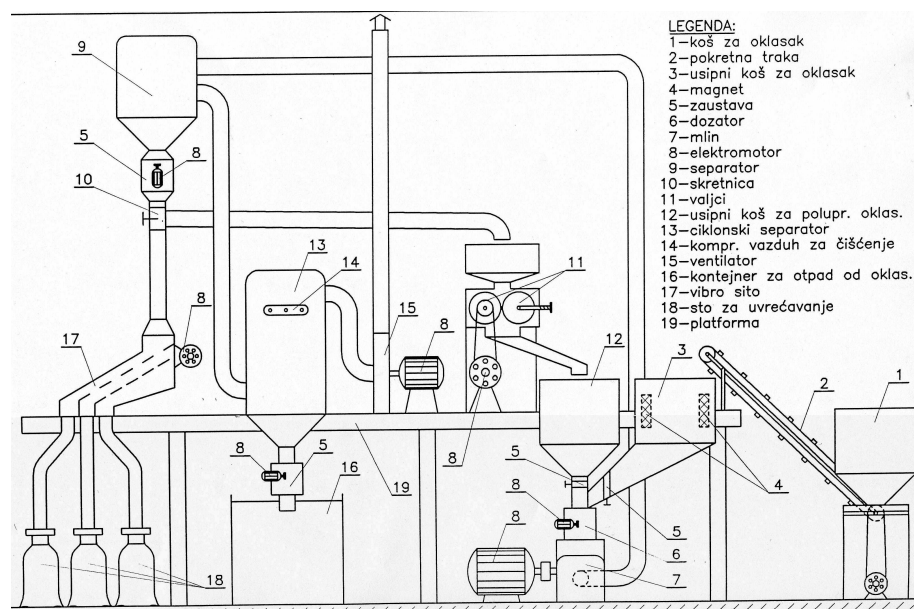
U Institutu za kukuruz "Zemun Polje" po originalnoj tehnološkoj šemi konstruisano je pilot postrojenje za preradu oklasaka (Slika 1).

Prerada se odvija u nekoliko faza:

- pred mlevenje - grubo drobljenje;
- separacija - izdrobljeni materijal se razdvaja na vazдушnom separatoru na dve osnovne frakcije - tvrdu ili drvenastu, koja najvećim delom predstavlja izlomljeni drvenasti deo oklasaka, i meku ili plevičastu, koja se sastoji od nesamlevenih plevica, srži, loža zrna i fine prašine;
- usitnjavanje - da bi se dobili finalni proizvodi određenih osobina, tvrda frakcija se dalje usitnjava i propušta kroz sita manjih otvora;
- granuliranje - usitnjeni materijal tvrde frakcije odvodi se preko vazdušnog separatora na vibraciono prosejavanje.

Kapacitet ovog eksperimentalnog pogona je 420.000 kg prerađenog oklasaka.

Po originalnoj ZP tehnologiji prerade oklasaka, koja je razvijena u Odseku za tehnološka istraživanja dobijaju se lignocelulozni granulati - celgradni proizvodi, namenjeni metaloprerađivačkoj i hemijskoj industriji, a kojih nema na domaćem tržištu. Za celgran proizvode postoji velika potražnja i na inostranom tržištu, jer zapadne zemlje imaju jako razvijenu metaloprerađivačku i druge industrije, a sve ne gaje kukuruz na većim površinama.



Slika 1. Pilot postrojenje za preradu oklasaka - Cob processing pilot plant

Legend:

- 1 - cob silo, 2 - band conveyer, 3 - intake hopper, 4 - magnet, 5 - hold spot, 6 - dozer, 7 - mill, 8 - electric motor, 9 - separator, 10 - baffle, 11 - rolls, 12 - intake hopper for semi-processed cobs, 13 - cyclone, 14 - compressed air for cleaning, 15 - fan, 16 - compartment for cob residues, 17 - vibrating sieve, 18 - bagging table, 19 - platform

Na konstruisanom pilot postrojenju proizvedeni su granulati:

**celgran A** - čestice koje prolaze kroz sito  $\varnothing$  3mm

**celgran B** - čestice koje prolaze kroz sito  $\varnothing$  2mm

**celgran C** - čestice koje prolaze kroz sito  $\varnothing$  1mm.

Hemijski sastav frakcija celgrana: sadržaj pepela, proteina, ulja i lingo-celuloznog kompleksa, određen je standardnim hemijskim metodama. Sadržaj proteina određen je metodom po Kjeldahl-u, ulja po Soxlet-u, a lignoceluloznog kompleksa po Van Soest-u, *Van Soest i sar.*, 1991.

Rastvorljivost je određena nakon potapanja uzoraka celgrana u različite rastvarače (voda, etanol, aceton, NaOH) u odnosu 1:20, mućkanja u trajanju od jednog sata, filtriranja i sušenja (50 sati na sobnoj temperaturi) iz razlike u težini uzorka pre potapanja i nakon sušenja.

Apsorpcija je određena nakon potapanja frakcija celgrana u trajanju od četiri sata iz razlike u težini nerastvorenog vlažnog uzorka i uzorka posle sušenja.

Podaci su statistički obrađeni, a analiza varijanse urađena je po slučajnom blok sistemu za jednofaktorijalne ogledе.

### Rezultati i diskusija

Dobijene frakcije celgrana se razlikuju po hemijskom sastavu, odnosno po zastupljenosti pojedinih komponenti.

Sadržaj azota, odnosno sirovog proteina najveći je kod frakcije sa najfinijim česticama (C), nešto manji kod srednje frakcije (B), a najmanji kod frakcije sa najkрупnijim česticama (A) i razlike srednjih vrednosti između navedenih frakcija su statistički značajne. Istu tendenciju pokazuje i sadržaj pepela samo što su razlike između frakcija znatno manje i nisu statistički značajne. Za razliku od sadržaja proteina procenat ulja u frakcijama celgrana je zanemarljiv i kreće se u rasponu od 0,06 do 0,08% i razlike između frakcija nisu značajne (Tabela 1).

Lignocelulozni kompleks predstavlja najznačajniju komponentu hemijskog

Tabela 1. Hemijski sastav različitih frakcija celgrana<sup>®</sup>  
Chemical Composition of Different Celgran<sup>®</sup> Fractions

Frakcije Fraction	Vlaga (%) Moisture	Pepeo (%) Ash	Ulje (%) Oil	Protein (%) Protein	BEM (%) NFE
C	11,20 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>	65,10 <sup>a</sup>
B	5,40 <sup>b</sup>	1,17 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	3,06 <sup>b</sup>	62,30 <sup>b</sup>
A	3,20 <sup>c</sup>	1,01 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	1,75 <sup>c</sup>	61,77 <sup>c</sup>
LSD 0,01	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314

BEM - bezazotne ekstraktivne materije - nitrogen free extracts (NFE)

C - čestice od 0,5 do 1mm - 0.5-1-mm particles

B - čestice od 1 do 2 mm - 1-2-mm particles

A - čestice od 2 do 4 mm - 2-4-mm particles

Tabela 2. Lignocelulozni kompleks frakcija oklaska  
Ligno-cellulose Complex of Cob Fractions

Frakcije Fraction	Celuloza (%) Cellulose	Hemiceluloza (%) Hemicellulose	Lignin (%) Lignin	NDF (%)	ADF (%)
C	29,40 <sup>c</sup>	39,70 <sup>b</sup>	6,60 <sup>c</sup>	79,4 <sup>c</sup>	39,7 <sup>c</sup>
B	32,40 <sup>b</sup>	42,10 <sup>a</sup>	7,20 <sup>b</sup>	84,0 <sup>b</sup>	43,9 <sup>b</sup>
A	35,50 <sup>a</sup>	42,40 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>	90,0 <sup>a</sup>	47,6 <sup>a</sup>
LSD 0,01	0,444	0,314	0,314	0,544	0,314

NDF - neutralna deterdžentska vlakna - neutral detergent fiber

ADF -kisela deterdžentska vlakna- acid detergent fiber

C - čestice od 0,5 do 1mm - 0.5-1-mm particles

B - čestice od 1 do 2 mm - 1-2-mm particles

A - čestice od 2 do 4 mm - 2-4-mm particles

sastava i čini najmanje trećinu suve materije oklaska, **Golik**, 1961. Rezultati pokazuju da se sadržaj sirove celuloze, hemiceluloze, lignina i frakcija NDF i ADF smanjuje sa smanjenjem veličine čestica (Tabela 2). Iz dobijenih podataka može se zaključiti da je svarljivost finijih frakcija znatno veća što ima značaja za primenu oklaska u ishrani stoke kao celuloznog dodatka. Pored tradicionalnog korišćenja oklaska u poljoprivredi (stočna hrana, prostirka, podloga za gajenje pečurki, nosača semena i sl.), upotreba oklaska evoluirala je u pravcu proizvodnje nosača za mikroingradijente za stočnu ishranu. Neutralnog pH, bez sadržaja smola i voskova, granulat oklaska je kompatibilan sa najvećim brojem vitamina i ostalih dodataka, tako da je skoro idealan organski nosač mikroingradijenata za stočnu ishranu, **Bagby** i **Widstrom**, 1987. Pošto ne sadrže kiseline, smole i voskove, a tečnostima ne smanjuju viskozitet, brašna od oklaska se mogu koristiti kao nosači pesticida i premiksa - vitaminskih i mineralnih. U prednosti su nad mineralnim nosačima jer se lako oslobađaju hemikalija i uneti u zemljište vremenom se biološki razlažu ne kvareći mu strukturu, **Aronovsky i sar.**, 1950.

Frakcije celgrana A, B i C znatno se razlikuju po fizičko-hemijskim osobinama što opredeljuje njihovu namenu, **Foley**, 1978.

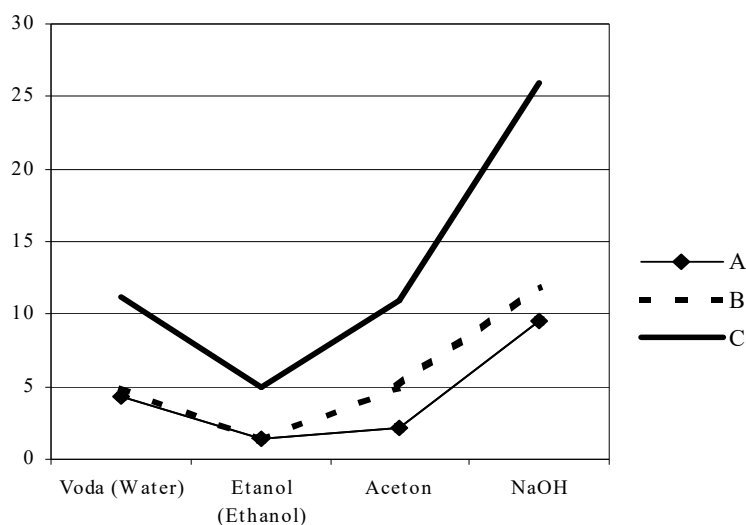
Sve tri ispitivane frakcije pokazuju najveću rastvorljivost u 1% natrijum hidroksidu, i kreće se od 9,56% do 25,96%, a najmanju u etanolu. Rastvorljivost celgrana u svim rastvaračima povećavala se sa smanjenjem veličine čestica. Najveće povećanje rastvorljivosti između frakcija A i C nađeno je u acetonu (1:5) (Tabela 3).

Sve tri frakcije imaju veliki kapacitet apsorpcije vode, ali se apsorpcija statistički značajno razlikuje između frakcija, a naročito između A i C. Kapacitet apsorpcije ulja je znatno manji, ali se povećava 2,5 do 5 puta sa porastom procenta vlage u suvom materijalu. Ovo ukazuje na visoku korelaciju između apsorpcije vode i apsorpcije ulja nakon apsorpcije vode suvog uzorka koja iznosi  $r = 0,992$ , na čemu se i zasniva njihova upotrebna vrednost. Fizičko-hemijske karakteristike prikazane su na Grafikonima 1 i 2. Najbitnija osobina frakcija celgrana je visoka sposobnost vezivanja tečnosti, posebno ulja. Podaci prikazani u Tabeli 3 pokazuju da ispitivane

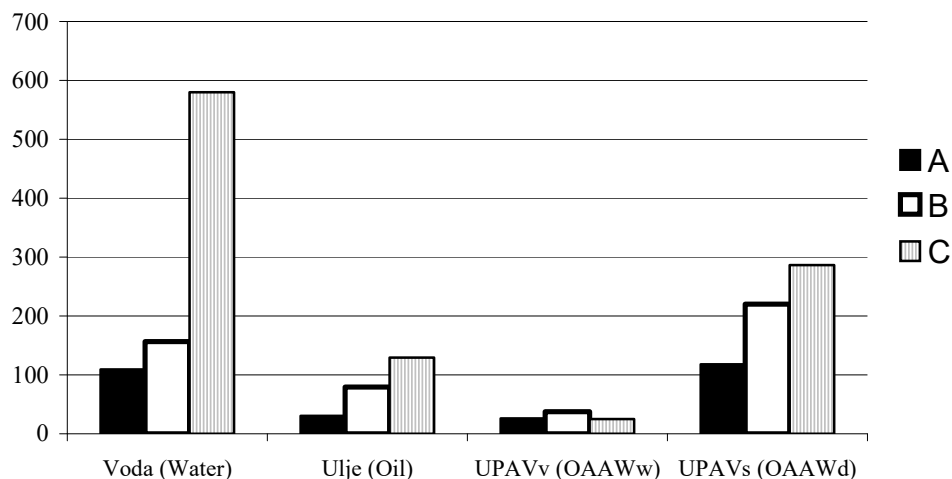
Tabela 3. Fizičko-hemijske karakteristike različitih frakcija celgrana®  
Physical and Chemical Properties of Different Celgran® Fractions

Frakcije - Fraction	A	B	C	LSD <sub>0,01</sub>
Rastvorljivost - % - Solubility				
Voda - Water	4,34 <sup>c</sup>	5,00 <sup>b</sup>	11,15 <sup>a</sup>	0,314
Etanol - Ethanol	1,35 <sup>b</sup>	1,46 <sup>b</sup>	5,00 <sup>a</sup>	0,314
Aceton - Acetone	2,19 <sup>c</sup>	4,96 <sup>b</sup>	10,99 <sup>a</sup>	0,314
Natrijum hidroksid - Sodium hydroxide	9,56 <sup>c</sup>	11,99 <sup>b</sup>	25,96 <sup>a</sup>	0,314
Apsorpcija - % - Absorption				
Voda - Water	108,90 <sup>c</sup>	156,40 <sup>b</sup>	580,16 <sup>a</sup>	24,64
Ulje - Oil	30,38 <sup>c</sup>	79,50 <sup>b</sup>	129,27 <sup>a</sup>	0,623
Ulje posle apsorpcije vode (vlažnog uzorka) Oil after water absorption (of wet sample)	25,79 <sup>b</sup>	37,11 <sup>a</sup>	24,79 <sup>c</sup>	0,314
Ulje posle apsorpcije vode (suvog uzorka) Oil after water absorption (of dry sample)	118,08 <sup>a</sup>	220,18 <sup>b</sup>	286,22 <sup>c</sup>	0,314

frakcije jače apsorbuju vodu nego ulje kao i da je kapacitet apsorpcije ulja vodom zasićenog materijala manji. Postoji statistički značajna razlika između kapaciteta apsorpcije među frakcijama. Najsitnija frakcija apsorbuje pet puta više vode i četiri puta više ulja nego frakcija sa najkrupnijim česticama. Apsorpcija ulja vodom zasićenog uzorka ne razlikuje se značajno od apsorpcije ulja suvog uzorka kod frakcije A, dok je kapacitet apsorpcije vlažnog uzorka najsitnije frakcije pet puta manji u odnosu na kapacitet suvog uzorka. Razumljivo je da se na osnovu kapaciteta apsorpcije vode i ulja zasnivaju mnoge upotrebe, a posebno kada se ovi granulati koriste kao medijumi za odmašćivanje, sušenje i poliranje u metalnoprerađivačkoj industriji ili pak u "pranju" vodenih površina od izlivena nafte ili mazuta. Od



Grafikon 1. Rastvorljivost frakcija celgrana (%) - Solubility of celgran fractions (%)



UPAVv - ulje posle apsorpcije vode (vlažnog uzorka)

OAAWw - oil after water absorption (wet sample)

UPAVs - ulje posle apsorpcije vode (suvog uzorka)

OAAWd - oil after water absorption (dry sample)

Grafikon 2. Apsorpcija frakcija celgrana (%) - Absorption of celgran fractions (%)

najsitnijih frakcija "živih lebdećih čestica oklaska" dobija se absorbent za čišćenje vodenih površina od ulja i nafte. Nije štetan za vodene biljke i životinje. Može da apsorbuje pet puta veću težinu nafte od svoje težine, pa je za skupljanje jedne tone izlivena nafte potrebno 250 kg absorbenta od oklaska, **Bekrić i sar.**, 1998. "Soft-grit", "maize-absorb" ili kako bi se kod nas nazvala "trinja" od kukuruznog oklaska nalazi široku upotrebu u rasponu od sredstava za čišćenje u domaćinstvu tepiha, krzna, do velikih električnih izolatora u podstanicama za distribuciju elektroenergije, bez isključenja, zatim čišćenje karbonskih naslaga u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem i gasnim ili dizel kotlovima, do primene u proizvodnji kozmetičkih preparata, **Vander Hooven**, 1973.

### Zaključak

Fizičko-hemijske osobine i hemijski sastav osnovnih frakcija oklaska pruža širike mogućnosti za njegovu preradu i dobijanje proizvoda za primenu u različitim granama industrije i poljoprivredi. Međutim, pre svih procesa prerade neophodno je mehaničko usitnjavanje oklaska. Mlevenjem, otprašivanjem i pažljivom granulacijom može se dobiti više frakcija mliva različite veličine čestice. Dobijene frakcije razlikuju se međusobno po sadržaju pojedinih grupa jedinjenja, što omogućava njihovu dalju rafinaciju u veliki broj proizvoda. U Institutu za kukuruz razvijen je originalni tehnološki proces prerade kukuruznog oklaska kojim se dobijaju

lignocelulozni granulati različite veličine čestica i različitog fizičko-hemijskog sastava, koji nalaze direktnu upotrebu ili se mogu preraditi u proizvode kojih nema na domaćem tržištu, a veoma su traženi i na inostranom tržištu.

**Zahvalnica** - Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije za finansijsku pomoć pri izradi ovog rada (evidencioni broj projekta BTN.2.1.1.0707.5).

### Literatura

- Aronovsky, S.J., E. Schniepp** and **E. C. Lathrop** (1950): Using Residue to Conserve Resources in Crops in Peace and War, ed. USDA, Washington, D.C., USA, pp. 829-842.
- Bagby, O.M.** and **W. Widstrom** (1987): Biomass Uses and Conversions in Corn Chemistry and Technology, ed. AACCC, St. Paul, Minnesota, USA.
- Bekrić, V.** (1997): Upotreba kukuruznog oklaska. U: Upotreba kukuruza, izd. Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun, str. 163-172.
- Bekrić, V., I. Božović, M. Radosavljević, R. Jovanović, S. Žilić** i **P. Krunic** (2000a): Razvoj novog asortimana hrane i tehničkih proizvoda od kukuruza, soje i drugog zrnevlja primenom tehničko-tehnoloških postupaka, izd. Savezno ministarstvo za razvoj, nauku i životnu sredinu, Beograd, Jugoslavija.
- Bekrić, V., I. Božović, M. Radosavljević** i **S. Žilić** (1998): Oklasak kukuruza - mogućnosti prerade i iskorišćavanja. PTEP 2 (3): 109-112.
- Bekrić, V., I. Božović, M. Radosavljević, S. Žilić, P. Piper, R. Jovanović** i **D. Terzić** (2000b): Utilisation of maize cob as a raw material for industrial products of special purposes. Book of Proceedings of the XII International Conference of Maize and Sorghum Genetics and Breeding at the End of the 20<sup>th</sup> Century, June 4-9, Belgrade, Yugoslavia, pp.
- Foley, K.M.** (1978): Chemical Properties, Physical Properties and Uses of the Anderson's Corn Cob Products and Supplements, ed. the Anderson's Cob Division Processing Group, Maumee, OH, USA.
- Golik, M.F.** (1961): Научные основы хранения и обработки кукурузы, изд. Колос, Москва, СССР.
- Vander Hooven, D. I. B.** (1973): Industrial and agrochemical utilization of corn cobs. Book of Proceedings of the Symposium on Industrial Uses of Cereals, AACCC, St. Paul, MN, USA.
- Van Soest, P.J., J.B. Robinson** and **B.A. Evans** (1991): Methods for dietary fiber, neutral fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Primljeno: 26.11.2002.

Odobreno: 17.12.2003.

\* \*  
\*



## **Physical and Chemical Properties and Chemical Composition of Maize Cob**

- Original scientific paper -

Irina BOŽOVIĆ, Milca RADOSAVLJEVIĆ, Rade JOVANOVIĆ,  
Slađana ŽILIC, Vitomir BEKRIĆ and Dušanka TERZIĆ  
Maize Research Institute, Zemun Polje, Belgrade-Zemun

### **S u m m a r y**

Morphological structure and chemical composition of basic fractions - hard and soft -of maize cob are presented in this paper. Different chemical compositions and physical and chemical properties of these fractions, first of all, their great capability to bind fluid, especially oil and water, define their use as an agent for degreasing and drying. A great hardness and abrasive capability of products produced by cob milling have put them to a use for polishing in metalworking industry, while the content of certain compounds (pentosan) is of a very great importance in chemical industry in the manufacturing of furfural and its derivatives. Due to their inertness, neutral pH values and lack of heavy metals, these products are used as organic carriers in the production of pesticides and agrochemicals, as well as, in cosmetics and pharmacy.

Received: 26/11/2002

Accepted: 17/12/2002

*Adresa autora:*

Irina BOŽOVIĆ

Institut za kukuruz "Zemun Polje"

Slobodana Bajića 1

11185 Beograd-Zemun

Jugoslavija

e-mail: szilic@mrizp.co.yu