

## TERMIČKI OBRADENE ŽITARICE U ISHRANI ŽIVOTINJA

G. Grubić, D. Zeremski, A. Pavličević

Pregledni znanstveni rad  
Priljeno: 21. 6. 1990.

### SAŽETAK

Termička obrada zrnavlja žitarica postaje sve značajnija u ishrani raznih vrsta domaćih i drugih životinja. Veći deo raspoloživih informacija dolazi iz ispitivanja provedenih na preživarima, gde korišćenje termički obrađenih žitarica izgleda vrlo perspektivno. Relativno dobri rezultati postizani su i u ishrani nepreživara, a u novije vreme i u ishrani kućnih ljubimaca i riba.

U ovom radu prikazani su rezultati većeg broja ispitivanja obavljenih u Jugoslaviji i inostranstvu. Iz tog obilja informacija istaknuti su najznačajniji efekti i mogućnosti za korišćenje termički obrađenih žitarica u praksi.

### Uvod

Razni postupci fizičke obrade zrnavlja žitarica koje se koriste u ishrani pojedinih vrsta domaćih (kao i nekih drugih) životinja praktikuju se već veoma dugo. Potreba za uvođenjem termičke obrade ovih hraniva javila se relativno skoro, a s osnovnim ciljem da se poboljša efikasnost iskorišćavanja žitarica kako od strane preživara, tako i nepreživara. Prema mišljenju Armstronga (1972) skoro svi postupci obrade zrnavlja žitarica dovode do odgovarajućih pozitivnih efekata u ishrani domaćih životinja. Obim i veličina nastalih promena zavise kako od načina obrade i vrste žitarica, tako i od obima njihovog učešća u obroku pojedinih vrsta i kategorija domaćih životinja.

Pri termičkom obradom podrazumeva se značajan broj postupaka pripreme hraniva, kojima je zajedničko primena toplote. Prema Armstrongu (1972), Haleu (1973) i Grubiću (1985, 1986 i 1988), opšte prihvaćena su dva postupaka termičke obrade celog ili usitnjenog zrnavlja žitarica uvrštava ih u dve grupe: suve i vlažne. Suva obrada podrazumeva direktno dejstvo toplote na zrno, odnosno toplu vodu, odnosno pregrejane vodene pare. U suvim postupcima ubrajaju se kokičanje, mikronizacija i prženje, a u vlažne pahuljanje, obrada parom, ekstrudovanje (ekspandovanje) i kuvanje pod normalnim ili povećanim pritiskom. Temperatura na kojoj se obavlja suva obrada najčešće se kreće u granicama od 120–180°C, a vlažna između 90 i 120°C. Kod nekih deluje i povišeni pritisak,

dok drugi postupci (pahuljanje, mikronizacija) obuhvataju i fizičku obradu (gnječenje, valjanje). Trajanje pojedinih postupaka takođe veoma varira od nekoliko sati (kuvanje) do samo 30 sekundi (mikronizacija). U principu, opšta tendencija poslednjih godina je da se koriste metode koje traju što kraće vreme, pri čemu se, uz povećanu temperaturu i/ili pritisak, teži da ugrađena oprema obradi što veću količinu zrna (sirovine) u jedinici vremena. Posmatrano sa stanovišta iskorišćavanja hranljivih materija žitarica, smatra se (Halle, 1966. i 1973; Grubić, 1988; Theurer, 1986) najbitnijim da je proces termičke obrade izveden na točno propisani, odgovarajući način, a manje je bitno koji će se od navedenih postupaka primeniti.

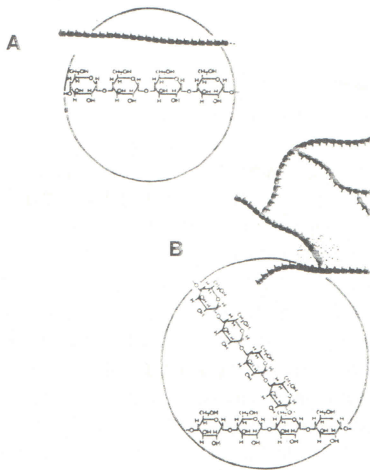
Suštinski, dakle, bez obzira da li je reč o suvom ili vlažnom termičkom postupku, osnovni cilj je da dejstvom toplote dođe do određenih promena na skrobu kao najzastupljenijoj supstanci u zrnu žitarica. Kod toga, dejstvom toplote u prisustvu vlage dolazi do određenih promena u strukturi skroba, koje najčešće nose uopšteni naziv želatinizacija. Kada je u pitanju suva obrada, za želatinizaciju je najčešće dovoljna vlaga koja se nalazi u samom zrnu. U svim drugim slučajevima, radi što uspešnije želatinizacije skroba zrno se prethodno vlaži ili direktno obrađuje vodenom parom. U literaturi, međutim, ima i podataka (T o n-

Mr. Goran Grubić, prof. dr. Damjan Zeremski i prof. dr. Arandel Pavličević – Poljoprivredni fakultet, Zemun.

roy i Perry, 1975) koji predstavljaju izuzetak u smislu da u nekim slučajevima, posebno pri prženju, ne dolazi uvek i do želatinizacije skroba.

### Važnije osobenosti sastava skroba

Da bi se jasnije sagledao značaj termičke obrade zrnevlja žitarica, odnosno skroba s aspekta njegovog iskorišćavanja od strane raznih vrsta domaćih i drugih životinja, treba istaći da se skrobna zrnca sastoje gotovo isključivo od ugljenih hidrata i neznatne količine masnih kiselina (0,5 – 1%). Ugljenohidratni deo skrobnog zrnca nije homogena supstanca, već je mešavina dva strukturno različita sastojka. Obe supstance su ugljeni hidrati sa velikom molekularnom masom (polisaharidi), sačinjene od alfa-glukoznih jedinica: jedna je linearna, sastavljena od končasto oblikovanih molekula (amiloza), a druga je razgranata u obliku krošnje drveta (amilopektin), što se vidi na slici 1. Proporcija amiloze i amilopektina je pre svega pod kontrolom nasleđa, dok je drugi faktor koji na to utiče zrelost biljke. Što je biljka, odnosno zrno zrelije ima veći udeo amiloze.



Slika 1 Shematski prikaz građe molekula dve frakcije kukuruznog skroba: A – amiloza, B – amilopektin  
Figure 1 Molecule structures of two maize starch fractions shown schematically: A – amylose, B – amylopectin

Usled povezivanja molekula u zrnca skrob je nerastvorljiv u hladnoj vodi. Kada se voda zagreva, skrob apsorbuje malu količinu vode i počinje da bubri. U početku se birefringencija (sposobnost dvojnog prelamanja svetlosti) zadržava i proces bubrenja je povratan. Međutim, kada se dostigne određena temperatura (tzv. temperatura želatinizacije) kristalitet zrna se gubi, a proces bubrenja postaje nepovratan. Ova promena nastaje usled raskidanja sekundarnih vodoničnih veza koje drže polimerne lance (amiloze i amilopektina) zajedno u kristalastim regionima skrobnih zrnaca. Rezultat ovoga je raspadanje uravnotežene strukture skrobnog zrnca.

Temperaturom želatinizacije se smatra ona temperatura vode na kojoj skrobna zrnca koja se nalaze u njoj gube svoj polarizacioni krst – odnosno sposobnost birefringencije. Pošto veličina zrnaca, kao i razlike u stepenu povezanosti među molekulima u amornim regionima i neki drugi faktori utiču na temperaturu želatinizacije, pri njenom nastajanju ne postoji jedna oštra granica, već raspon od 8 – 10°C, u kome se javlja gubitak birefringencije (tabela 1).

### Temperatura želatinizacije različitih žitarica Gelatinization temperature of various cereals (Armstrong, 1972)

Tabela 1 – Table 1

Žitarica Grain	temperatura želatinizacije Gelatinization temperature, °C
ječam / Barley	59 – 64
kukuruz / Maize	62 – 72
pšenica / Wheat	65 – 67
kukuruz tvrdi / Maize hard	66 – 69
sirak / Sorghum	67 – 77
kukuruz amilozni / Maize Opaque	92

Želatinizacija predstavlja nepovratno raskidanje sekundarnih veza kristalastih regiona skrobnih zrnaca. Polarizovani rastvarač (voda) uz toplotu dovodi do raskidanja molekularnih lanaca u kristalastim delovima i u tom procesu se gubi relativno zatvorena struktura originalnog skrobnog zrnca. Želatinizacijom se raskidaju sekundarne (vodonične) veze, dok primarne (kovalentne) ostaju neizmenjene.

Do želatinizacije, međutim, ne dolazi samo kada je skrob suspendovan u vodi, već je za takvu promenu dovoljna i vlaga koja se nalazi u zrnu žitarica. Na taj način i kod suvog zagrevanja dolazi do želatinizacije u izvesnom stepenu, kao što je to slučaj na primer kod kokičanja. Optimalna temperatura za ovakve promene zavisi od vrste žitarica i zastupljenosti vlage u njoj.

Prema Seibu (1971), Moranu (1982), Rooneyu i Pflugfelderu (1986) želatinizacijom skrob postaje pristupačniji fermentativnoj razgradnji u organima za varenje životinja, što potvrđuju rezultati drugih ispitivanja koja navode Johnson i drugi (1968), Sullivan i drugi (1975), Waldo (1973), McNeill i drugi (1972), Mudd i Perry (1969), Spicer i drugi (1986). Značajno je i to što pri želatinizaciji skroba endosperm u čelijama zrna žitarica biva razoren. To, takođe prema Rooneyu i Pflugfelderu (1986), deluje povoljno na mogućnost da ga životinje potpunije iskoriste. Sudeći po navodima Halea (1973) i Theurera (1986) značajna promena, koja se



termičkom obradom postiže, je i razgradnja proteinskog matriksa koji obavlja skrob u zrnu žitarica. Otuda, istovremeno, pored dejstva na proteinski matriks, toplota deluje i na ukupne proteine u zrnu, izazivajući i druge promene od kojih Moran i Summers (1970) najčešće ubrajaju denaturaciju (razaranje strukture) proteina i tzv. Maillardovu reakciju (karamelizacija koja nastaje usled dejstva toplote na aminokiseline u prisustvu ugljenih hidrata i vode). Prema Jovanoviću (1987) produkt Maillardove reakcije je supstanca braon boje veoma slična ligninu koju životinje ne mogu da svare i iskoriste. Do ove reakcije obično dolazi u toku neadekvatnog izvođenja procesa siliranja ili sušenja žitarica (ili druge hrane). Međutim, u slučaju kada se bilo koji postupak termičke obrade zrnevlja žitarica izvede na odgovarajući način (pravilan), neželjenih reakcija i promena nema.

Konačno, treba imati u vidu i činjenicu koju navode Bekrić i drugi (1987) da termička obrada može sa uspehom da se koristi za dekontaminaciju žitarica od različitih agenasa (bioloških ili hemijskih) kojima mogu da budu zagađene.

#### Uticaj termičke obrade na promene svarljivosti hranljivih materija zrnevlja žitarica

Svarljivost hranljivih materija termički obrađenih žitarica iz određenog broja istraživanja prikazana je u tabeli 2. U većem broju istraživanja koja su prikazana posebno se ističu povoljni efekti postignuti pri termičkoj obradi kukuruza. Kada je reč o promeni svarljivosti hranljivih materija, a posebno B. E. M., ispitivanja izvedena u našoj zemlji (Adamović i drugi, 1988; Pavličević i drugi, 1983; Bekrić i drugi, 1987; Grubić, 1987), kao i u SAD (Johnson i drugi, 1968; White i drugi 1973), Cole i drugi, 1976; Mudd i Perry, 1969; Sullivan i drugi, 1975; Tonroy i Perry, 1975) pokazala su da se termičkom obradom kukuruza mogu ostvariti određena, mada ne i izrazito značajna poboljšanja (tabela 2). Ona su u većini slučajeva iznosila 2 – 6%, kada je u pitanju povećanje svarljivosti organske materije, odnosno oko 2 – 5% za B. E. M. Vredno je pri tome istaći da su slični efekti postizani primenom različitih postupaka termičke obrade kukuruza.

Termičkom obradom sirka postižu se skoro identični ili čak nešto bolji rezultati nego kod kukuruza, o čemu svedoče rezultati koje navode Buchanan-Smith i drugi, (1968), Caneque i Ubilla (1982 a, b), Croka i Wagner (1975), Frederick i drugi (1973), Harbers (1975), Hinman i Johnson (1974), McNeill i drugi (1971, 1975), Rooney i Pflugfelder (1986), Spicer i drugi (1986). Izrazito povećanje svarljivosti hranljivih materija, a posebno B. E. M., čak i do 30% utvrdili su Ahmed i drugi (1976). Prema Hinmanu i Johnsonu (1974) verovatni uzrok utvrđenih promena leži u tome što

je skrob sirovog sirka veoma otporan na delovanje amilolitičkih fermenta, dok obrađen toplotom kako zbog želatinizacije skroba, tako i zbog kidanja proteinskog matriksa postaje daleko pristupačniji, a time i svarljiviji.

Termičkom obradom zrnevlja strnih žita: ječma, pšenice, tritikale postižu se u osnovi nešto slabiji efekti nego pri termičkoj obradi kukuruza – Czarniecki i drugi (1984). Ipak, kada je reč o ječmu, rezultati koje navode Frederick (1973), Hale i drugi (1973), Garrett (1965), Kalinin i drugi (1985), Guglaja (1985) pokazuju da se određena poboljšanja uz povećanu svarljivost hranljivih materija (kod junadi) mogu ostvariti primenom termičke obrade. Slični efekti kao pri korišćenju tretiranog ječma, prema Hustedu (1968), Haleu (1966) i Fredericku (1973), postižu se i pri ishrani mladih kategorija preživara termički obrađenim zrnom prosa.

#### Efikasnost korišćenja termički obrađenih žitarica u ishrani preživara

Efekti primene termički obrađenih žitarica u ishrani različitih vrsta preživara veoma variraju. Prema nekim autorima, kao što su Hale (1973), Ørskov (1976) i Theurer (1986), primena termički obrađenog zrnevlja žitarica u ishrani odraslih ovaca i koza nije uobičajena s obzirom da ove životinje vrlo dobro žvaču i veoma uspešno koriste zrnatu hranu bez ikakve prethodne pripreme. S druge strane, kao što je to u prethodnom poglavlju navedeno, određeni pozitivni rezultati mogu se postići korišćenjem termičke obrade zrnevlja žita, i to pre svega kukuruza i sirka u ishrani mladih životinja. Efekti su znatno slabiji pri termičkoj obradi strnih žitarica, tako da ostvareni rezultati u ishrani domaćih životinja ne opravdavaju uvek troškove energije utrošene na obradu (Parrot i drugi, 1969; Theurer, 1986). Ovi autori smatraju da je uzrok ovakvih rezultata u razlikama u svarljivosti skroba i proteina (koje su tesno povezane), odnosno njihovoj zastupljenosti u pojedinim vrstama žitarica. Smatra se, naime, da što je veća razgradnja skroba u buragu to je veća i njegova ukupna svarljivost. U tom pogledu žitarice se međusobno dosta razlikuju, tako da su efekti obrade veći kod onih žitarica koje se u sirovom stanju slabije vare (npr. sirak).

Osnovni efekat koji treba da se postigne pravilnom termičkom obradom žitarica u ishrani preživara je promena mesta varenja skroba u pravcu povećanja njegove razgradnje u buragu. Pri tome povećanje obima, odnosno brzine mikrobijalne razgradnje skroba u buragu usled termičke obrade rezultira poboljšanim iskorišćavanjem pre svega skroba, a time i hraniva u celini. Poređenja radi, Theurer (1986) navodi da skrob termički obrađenih žitarica izbegava razgradnju u buragu sa oko 10 – 25%, a kada je zrno samo gnječeno sa 30 – 45%.

**Svarljivost hranljivih materija pri ishrani preživara termički obradenim žitaricama, %**  
**Digestibility of some nutrients in ruminants fed by heat treated cereals, %**

Tabela 2 – Table 2

žitarica Grain	tretman Treatment	koeficijenti svarljivosti Digestibility coefficients				životinje Animals	izvor Reference
		suva mat. Dry matter	org. mat. Org. matter	sir. prot. Crude protein	B. E. M. N. F. E.		
sirak / Sorghum	sirov / raw paren i gnječen / steam rolled	76,0	77,0	66,4	79,1	bikovi / steers	Johnson i drugi, 1967.
		79,9	81,6	65,6	84,7		
sirak / Sorghum	sirov / raw paren i gnječen / steam rolled	80,8	82,0	73,1	83,8	ovce / sheep	Buchanan-Smith i drugi, 1968.
		79,8	81,3	66,8	84,2		
sirak / Sorghum	sirov / raw kokice standard / popped standard kokice 100% / 100% popped	57,2	57,5	68,8	61,3	muška junad young bulls (343 kg)	Riggs i drugi, 1970.
		74,6	74,6	67,0	82,6		
		79,3	80,3	65,5	88,8		
sirak / Sorghum	sirov / raw mikronizovan / micronized, 380 g/l mikronizovan / micronized, 230 g/l	79,7	80,7	80,0	98,6	muška junad young bulls	Ahmed i drugi, 1976.
		82,9	83,4	82,0	98,3		
		83,0	83,2	80,7	99,0		
kukuruz / Maize	pahuljice / flakes lomljeno zrno / cracked	74,8	—	64,5	—	muška junad young bulls (213 kg)	Johnson i drugi, 1968.
		70,1	—	59,6	—		
kukuruz / Maize	sirov / raw pržen / rolled	78,2	—	60,4	90,0	jagnjad lambs (45 kg)	White i drugi, 1973.
		79,0	—	61,9	98,8		
kukuruz / Maize	pahuljice / flakes gnječen / rolled	82,6	84,2	—	99,0	muška junad young bulls (460 kg)	Cole i drugi, 1976.
		75,8	77,6	—	93,6		
kukuruz / Maize	sirov / raw mikroniz. (stand.) / microniz. (stand.) mikroniz. (vis. ulj.) / microniz. (high oil) mikroniz. (lizinski) / micron. (lysine)	87,6	89,6	83,4	90,9	telad / calves (8 nedelja) (8 weeks)	Pavličević i drugi, 1983.
		90,9	91,6	84,4	94,5		
		89,8	90,8	84,7	94,4		
		89,7	91,9	84,0	95,1		
kukuruz / Maize	sirov / raw mikroniz. (stand.) / microniz. (stand.) mikroniz. (vis. ulj.) / microniz. (high oil) mikroniz. (lizinski) / micron. (lysine)	76,7	79,7	73,9	85,5	telad / calves (12 nedelja) (12 weeks)	
		77,1	80,7	72,1	87,2		
		81,9	83,5	76,3	88,7		
		76,3	78,2	64,4	87,1		
kukuruz / Maize	sirov / raw mikronizovan / micronized ekstrudovan / extruded	75,5	76,1	70,8	83,5	telad / calves (120 dana) (120 days)	Grubić, 1988.
		78,8	80,1	75,7	96,6		
		77,8	78,5	73,8	85,5		
kukuruz / Maize	mikronizovan / micronized mikronizovan (WX) / micronized (WX) silirano zrno / grain silage	82,6	83,4	74,9	89,7	telad / calves (90 dana) (90 days)	Adamović i drugi, 1987.
		82,5	83,3	73,7	90,0		
		80,8	81,8	72,0	89,4		
ječam / Barley	gnječen / rolled pahuljice / flakes	75,0	—	65,8	84,8	muška junad young bulls (245 kg)	Parrott i drugi, 1969.
		75,8	—	68,0	84,7		
proso / Millo	gnječeno / rolled pahuljice / flakes pareno i gnječeno / steam rolled	65,2	—	73,9	70,9	muška junad young bulls (206 kg)	Husted i drugi, 1968.
		74,9	—	79,6	83,8		
		65,4	—	69,2	73,3		



Iz svega navedenog jasno je da kod preživara termički obrađene žitarice nalaze primenu skoro isključivo u ishrani mladih goveda, odnosno kod životinja u porastu. Rezultati većeg broja već citiranih istraživanja, kao i nekih drugih (Cunningham i drugi, 1972; Perry i drugi, 1974; Lee i drugi, 1982) pokazuju da se pri ishrani preživara (uglavnom junadi) termički obrađenim kukuruzom smanjuje utrošak hrane za jedinicu prirasta. Šta više, u nekim istraživanjima utvrđeno je da termička obrada žitarica dovodi do povećanja prosečnih dnevnih prirasta (tabela 3). Izneti rezultati govore u prilog zaključcima koje je sumirao Grubić (1987 i 1988) da u ishrani goveda u porastu termički obrađene žitarice izazivaju sledeće efekte:

- a) povećavaju pristupačnost skroba amilolitičkoj razgradnji u buragu,
- b) doprinose poboljšanju ukupne svarljivosti skroba,
- c) dovode do smanjenja konzumiranja hrane, pri čemu ne dolazi do opadanja dnevnih prirasta, i
- d) utiču na smanjenje utroška hrane za jedinicu prirasta.

Prema svemu navedenom, činjenica je da se termičkom obradom žitarica za ishranu preživara u porastu i tovu mogu ostvariti značajne uštede u hrani. Ove uštede prema američkim izvorima iznose čak 15 – 20% (Kendall, 1974), dok su rezultati naših domaćih istraživanja za nijansu niži: 14 – 17%, Grubić, 1988. Primena ovakvih postupaka u praksi, međutim, zavisice pre svega od cene energije koja se koristi za obradu. Posmatrano sa tog aspekta najveće perspektive ima postupak mikronizacije, kojim se postižu zadovoljavajući efekti obrade uz najmanji utrošak energije (gas), i to kroz vrlo kratko vreme (0,5 – 1 min.).

**Prosečni dnevni prirasti pri ishrani goveda termički obrađenim žitaricama**  
Average daily weight gains in cattle fed by heat treated cereals

Tabela 3 – Table 3

žitarica Grain	tretman Treatment	prosečni dnevni prirast Average daily weight gain (kg)	životinje Animals	izvor Reference
sirak / Sorghum	sirov / raw	1,41	muška junad young bulls (343 kg)	Riggs i drugi, 1970.
	kokice (standard) / popped (standard)	1,24		
	kokice (100%) / 100% popped	1,16		
sirak / Sorghum	gnječen / rolled	1,25	muška junad young bulls (297 kg)	Croka i Wagner, 1975
	mikronizovan / micronized	1,24		
	gnječen / rolled	1,09	muška junad young bulls (294 kg)	
	mikronizovan / micronized	1,06		
kukuruz / Maize	sirov / raw	0,68	junice heifers (283 kg)	Cunningham i drugi, 1972.
	pržen / roasted	0,75		
kukuruz / Maize	sirov / raw	1,25	muška junad young bulls (274 kg)	Harvey i drugi, 1974.
	pržen / roasted (138°C)	1,36		
kukuruz / Maize	sirov / raw	1,14	junice heifers (250 kg)	Perry i drugi, 1974.
	pržen / roasted (135°C)	1,18		
	pržen i gnječen / roasted and rolled	1,15		
	pržen (148°C) / roasted (148°C)	1,31		
kukuruz / Maize	sirov / raw	0,70	telad (120 dana) calves (120 days)	Grubić, 1988.
	mikronizovan / micronized	0,74		
	ekstrudovan / extruded	0,75		

**Utrošak hrane za kilogram prirasta kod goveda hranjenih obrocima sa termički obrađenim žitaricama**  
**Feed conversion per kg of gain in cattle fed diets with heat processed cereals**

Tabela 4 – Table 4

žitarica Grain	tretman Treatment	kg hrane za kg prirasta Kg of food per kg of weight gain	životinje Animals (kg)	izvor Reference
sirak / Sorghum	gnječen / rolled mikronizovan / micronized	7,42 6,75	muška junad young bulls (297 kg)	Croka i Wagner, 1975.
	gnječen / rolled mikronizovan / micronized	9,06 8,46	muška junad young bulls (294 kg)	
sirak / Sorghum	sirov / raw	3,51	junice	Ahmed i drugi, 1976.
	mikronizovan / micronized, 380 g/l	3,25	heifers	
	mikronizovan / micronized, 230 g/l	3,26		
kukuruz / Maize	sirov / raw	10,26	junice	Cunningham i drugi, 1972.
	pržen / roasted	9,26	heifers (243 kg)	
kukuruz / Maize	sirov / raw	6,30	junice	Perry i drugi, 1974.
	pržen / roasted (135°C)	6,00	heifers (250 kg)	
	pržen i gnječen / roasted and rolled	5,30		
	pržen (148°C) / roasted (148°C)	5,10		
kukuruz / Maize	sirov: pahuljice / raw: flakes			Lee i drugi, 1982.
	100 : 0	6,09	muška junad	
	75 : 25	5,95	young bulls (305 kg)	
	25 : 50	6,17		
	25 : 50	5,89		
	0 : 100	5,97		

**Uspešnost korišćenja termički obrađenih žitarica u ishrani preživala**

U ishrani monogastričnih životinja termički obrađene žitarice takođe mogu da se sa izvesnim uspehom koriste. Podaci koje navode Lawrence (1979) i Bekrić i drugi (1987) potvrđuju vrednost mikronizovanog i prženog kukuruza u ishrani svinja (povećanje svarljivosti zrna za 5–8% i poboljšano iskorišćavanje hrane za 8–10%). Međutim, prema Lawrence u (1979) ekstrudovano zrno kukuruza, sirka, ječma i pšenice u ishrani svinja u porastu samo se neznatno bolje koriste od sirovog. Efekti su tako mali da ne opravdavaju obradu. Slične rezultate dobili su i Sullivan i drugi (1975) u ishrani tovnih svinja prženim kukuruzom. Podaci dobijeni kroz veći broj istraživanja prikazani su u tabeli 5.

Iz navedenog proizilazi da u ishrani svinja samo postupak mikronizacije dovodi do pozitivnih rezultata, dok se ostalim (može se reći – klasičnim) metodama termičke obrade uglavnom ne postižu bitnija poboljšanja.

Kada je reč o ishrani živine, iako ima indikacija da se termičkom obradom može ostvariti bolja svarljivost skroba (Moran 1970), ipak u praktičnoj ishrani ne dolazi do odgovarajućeg poboljšanja u performansama (Pranvohra, 1972). Objašnjenje za ovu pojavu proističe verovatno iz specifičnosti varenja kod ptica, gde se određena priprema (natapanje i sl.) hrane odvija u voljci. Usled toga, kao i usled veoma snažnog delovanja fizičke obrade hrane u mišićnom želucu, živina veoma dobro vari i iskorištava neobrađeno zrno žitarica. To je verovatno razlog što se (prema onome što se danas zna) u ishrani živine malo može postići termičkom obradom žitarica.



**Proizvodne performanse svinja hranjenih obrocima sa termički obrađenim žitaricama**  
**Production performances of pigs fed by rations containing heat treated cereals**

Tabela 5 – Table 5

žitarica Grain	tretman Treatment	kategorija svinja Pig category	dnevni prirast Daily weight gain (kg)	konverzija Feed conversion (kg/kg)	izvor Reference
kukuruz / Maize	mikronizovan / micronized sirov / raw	do 50 kg	0,70 0,65	2,09 2,28	Lawrence, 1979.
	mikronizovan / micronized sirov / raw	50 – 90 kg	0,83 0,76	2,04 2,17	
kukuruz / Maize	sirov / raw mikronizovan / micronized	30 – 70 kg	0,70 0,72	2,61 2,22	Bekrić i drugi, 1987.
	sirov / raw mikronizovan / micronized	75 – 110 kg	0,64 0,67	3,00 3,26	
kukuruz / Maize	sirov / raw	55 – 110 kg	0,86	3,34	Sullivan i drugi, 1975.
	pržen / roasted (82°C)		0,84	3,18	
	pržen / roasted (104°C)		0,87	3,16	
	pržen / roasted (127°C)		0,78	3,37	
kukuruz / Maize	ekstrudovan / extruded sirov / raw	u porastu growing	0,55 0,59	3,24 3,23	Lawrence, 1972.
	ječam / Barley	ekstrudovan / extruded sirov / raw	u porastu growing	0,57 0,56	
sirak / Sorghum	ekstrudovan / extruded sirov / raw	u porastu growing	0,47 0,46	3,14 2,99	
	pšenica / Wheat	ekstrudovana / extruded sirova / raw	u porastu growing	0,43 0,49	

**Mogućnosti korišćenja termički obrađenog zrnevlja žitarica u ishrani kućnih ljubimaca i riba**

Termički obrađene žitarice u velikoj meri su zastupljene u hrani za kućne ljubimce – pse i mačke. Smith (1970) navodi da je proces ekstrudovanja našao najveću primenu upravo u proizvodnji ove vrste hrane. Karnivore životinje gotovo da ne mogu da vare sirov skrob, a sasvim dobro koriste onaj koji je termički obrađen i želatinizovan. Takođe, u ishrani nekih vrsta riba (pastrmke) želatinizovani skrob termički obrađenih žitarica se bolje koristi od sirovog kao izvor energije. Zbog toga se na tržištu u svetu, ali i kod nas, javlja sve više ekspanzovanih suvih proizvoda name-

njenih ishrani ovih životinja. Za pse i mačke obično su ti proizvodi u obliku keksa i vafli, različitih formi, koje se postižu potiskivanjem materijala kroz otvore (kalupe) određenog oblika i sečenjem rotirajućim nožem. Prema navodima Smitha (1970) suvi ekspanzovani proizvodi predstavljaju najveći deo hrane za ljubimce koja se prodaje na tržištu SAD. Ilustracije radi, samo tokom 1987. godine psi su u SAD konzumirali 4,181.500 tona hrane (vrednosti 3,599 milijardi dolara), od čega su 67,3% činili suvi ekspanzovani proizvodi (Corbin, 1988).

Kada su ribe u pitanju, Smith (1970) i Katić (1986) navode da se i u njihovoj ishrani postižu veoma dobri rezultati korišćenjem želatinizovanog skroba termički obrađenih

žitarica. Efekat želatinizacije donekle se postiže i pri postupku peletiranja (koji je uobičajen u proizvodnji hrane za ribe), ali je ekstrudovanje, kao daleko radikalniji proces, u tom pogledu efikasnije. Postupkom ekstrudovanja dobija se homogena smeša svih komponenata, uz visok stepen želatinizovanosti skroba i smanjenu opasnost od patogenih mikroorganizama (posebno salmonela, koja je često prisutna u ribljem brašnu). Peleti dobijeni ekstrudovanjem vrlo su stabilni kako tokom čuvanja, tako i kada dođu u vodenu sredinu. Oni mogu da se proizvode kao plutajući (za salmonidne ribe) ili tonući (za ribe koje se hrane na dnu).

### Zaključak

Na osnovu većeg broja istraživanja koja su izvedena tokom poslednjih tridesetak godina u našoj zemlji i svetu, a koja se odnose na primenu termički obrađenih žitarica u ishrani domaćih i drugih životinja, može se zaključiti sledeće:

1. Termički obrađene žitarice sve se više koriste u ishrani domaćih životinja. Najpovoljniji efekti ovakve obrade ostvaruju se kod zrna kukuruza i sirka, dok su kod drugih žitarica manje izraženi.

2. Među različitim postupcima termičke obrade žitarica najperspektivniji je mikronizacija, koja ima više prednosti nad ostalima, kao što su: kratkoća trajanja, mali utrošak energije, mogućnost korišćenja jeftinih izvora energije (gas).

3. Termički obrađene žitarice veoma uspešno mogu da se koriste u ishrani mladih goveda u porastu i tovu, kod kojih se postiže smanjenje utroška hrane za jedinicu prirasta čak i do 20%. Ovo je rezultat povećane pristupačnosti pre svega skroba, ali i ostalih hranljivih materija, razgradnji u buragu.

4. U ishrani malih preživara i živine termički obrađene žitarice nisu se značajnije bolje koristile od sirovih, pošto te vrste i inače veoma dobro koriste zrnastu hranu.

5. O ishrani svinja termički obrađenim žitaricama postoje različiti podaci, među kojima neki favorizuju ovakvu pripremu hrane, a drugi ne. Ipak, postupak mikronizacije daje zadovoljavajuće rezultate, posebno u ishrani mladih kategorija svinja.

6. Termička obrada predstavlja jedan od osnovnih postupaka obrade žitarica u proizvodnji hrane za kućne ljubimce (pse i mačke), kao i za ribe, pri čemu je posebno uspešan postupak ekstrudovanja.

### Literatura

1. Adamović, M., Zeremski, D., Ghani-Istvani, A., Grubić, G., Stiočević, Lj.: Pravidna svarljivost i retencija azota mikroniziranog i visokovlažnog siliranog zrna kukuruza u ishrani teladi. VI. jugoslovenski simpozij o krmnom bilju. Zbornik radova: Proizvodnja i korišćenje krmnih kultura, str. 461-465. Osijek, 1988.
2. Ahmed, A., Bush, L. J., Adams, G. S. (1976): Utilization of micronized sorghum grain by dairy calves. *J. Dairy Sci.* 59, 708-712.
3. Armstrong, D. G.: Developments in cereal processing – Ruminants. *Cereal processing and digestion*. P. 9-39. US Feed Grains Council, London, 1972.
4. Bekrić, V., Božović Irina, Polić, Đ. (1987): Tehnologija termičke obrade zrnastih hraniva mikronizacijom i mogućnosti njene praktične primene u industriji stočne hrane. *Krmiva* 5, 101-110.
5. Buchanan-Smith, J. G., Tottusek, R., Tillman, K. D. (1968): Effect of methods of processing on digestibility and utilization of grain sorghum by cattle and sheep. *J. Animal Sci.* 27, 525-534.
6. Ceneque, V., Ubilla, E. (1982): El sorgo tratado por calor seco en la alimentación des ganado vacuno de engorde. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie: Ganadera* 15, 35-30.
7. Caneque, V. Ubilla, E. (1982): El sorgo tratado por calor seco en la alimentación intensiva de corderos. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie: Ganadera* 15, 31-37.
8. Cole, N. A., Johnson, R. R., Owens, F. N. (1976): Influence of roughage level and corn processing method on the site and extent of digestion by beef steers. *J. Animal Sci.* 43, 480-490.
9. Corbin, J. C. (1988): Dog feeding. *Feedstuffs Ref. Issue*. 81-86.
10. Crocka, D. C., Wagner, D. G. (1975): Micronized sorghum grain. I. Influence of feedlot performance of cattle. *J. Animal Sci.* 40, 924-929.
11. Cunningham, M. D., Perry, T. W. (1972): Rosted corn for growing dairy heifers and for lambs. *J. Dairy Sci.* 55, 367-372.
12. Czarnecki, Z., Czarnecka, M., Szczelbiotko, K. (1984): Zmiany w uktadzie weglowodanowym i białkowym w zianie zbor pod wplywem zabiegow hydrotermicznych. *Biletin Informacyjny Przemyslu Pasowego* 23, 1-16.
13. Frederick, H. M., Theurer, B., Hale, W. H. (1973): Effect of moisture, pressure and temperature on enzymatic starch degradation of barley and sorghum grain. *J. Dairy Sci.* 56, 595-602.
14. Garrett, W. N. (1965): Comparative value of steam-rolled or ground barley and milo for feedlot cattle. *J. Animal Sci.* 24, 726-737.
15. Grubić, G. (1985): Termički obrađene žitarice u ishrani preživara. *Nauka u praksi* 15, 103-106.
16. Grubić, G. (1986): Termički obrađene žitarice u ishrani domaćih životinja. *Inovacije u stočarstvu*, 48-58, Poljoprivredni fakultet Beograd.
17. Grubić, G. (1987): Uticaj termički obrađenih žitarica na efekte iskorišćavanja u mladih goveda. *Krmiva* 9-10, 219-224.
18. Grubić, G. (1988): Hranidbena vrednost termički obrađenog zrna kukuruza u ishrani teladi. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 173, 11-39.



19. **Guglaja, V. G., Sfonov, V. S.** (1985): Ispoljzovanie ekstrudovanogo jačmenja dlja kormlenja korov. *Životnovodstvo* 9, 51-52.
20. **Harbers, L. H.** (1975): Starch granule structural changes and amylolytic patterns in processed sorghum grain. *J. Animal Sci.* 41, 1496-1501.
21. **Hale W. H., Cuitun, L., Saba, W. J., Taylor, B., Theurer, B.**, (1966): Effect of steam processing and flaking milo and barley on performance and digestion by steers. *J. Animal Sci.* 25, 392-396.
22. **Hale, W. H.** (1973): Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. *J. Animal Sci.* 37, 1075-1087.
23. **Harvey, R. W., Barrick, E. R., Blumer, T. N., Linnerud, A. C.** (1974): Corn processing and vitamin E supplementation on steer performance. *J. Animal Sci.* 39, 240-247.
24. **Hinman, D. D., Johnson, R. R.** (1974): Sorghum starch digestion in beef cattle. *J. Animal Sci.* 39, 958-963.
25. **Husted, W. T., Mehen, S., Hale, W. H., Little, M., Theurer, B.** (1968): Digestibility of milo processed by different methods. *J. Animal Sci.* 27, 531-539.
26. **Johnson, D. E., Matsushima, J. K., Knox, K. L.** (1968): Utilization of flaked vs. cracked corn by steers with observations on starch modification. *J. Animal Sci.* 27, 1431-1443.
27. **Jovanović, R.** (1988): Nova saznanja o proteinima u ishrani preživara. *Krmiva* 3-4, 61-72.
28. **Kalinin, V. V., Krohina, V. A., Strutinski, V. A., Kleimenov, V. N.** (1985): Ječmenj različnoj obrabotki v kombikormah – starterah. *Životnovodstvo* 4, 60-62.
29. **Katić, Z.** (1986): Tehnologija proizvodnje zamjene za mlijeko i hrane za ribe. *Krmiva* 10, 223-230.
30. **Kendall, J. D.** (1974): Grain processing methods called vital to feeders. *Feedstuffs* 46 (19), 14-15.
31. **Lawrence, T. J. L.**: Developments in cereal processing – growing pigs. *US Feed Grain Council*, 77-85, London, 1972.
32. **Lawrence, T. J. L.**: Processing and preparation of cereals for pigdiets. *Recent advances in animal nutrition 1978*. Butterworths. London, 1979.
33. **Lee, R. W., Gaylean, M. L., Lofgreen, G. P.** (1982): Effect of mixing whole shelled and steam flaked corn in finishing diets on feedlot performance and site and extent of digestion in beef steers. *J. Animal Sci.* 55, 475-486.
34. **Mc Neill, J. W., Potter, G. D., Riggs, J. K.** (1971): Ruminal and post-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *J. Animal Sci.* 33, 1371-1374.
35. **Mc Neill, J. W., Potter, D. G., Riggs, J. K., Rooney, L. W.** (1975): Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. *J. Animal Sci.* 40, 337-341.
36. **Moran, E. T., Summers, J. D.** (1970): Factors in feed processing affecting utilization of nutrients. *Feedstuffs* 42 (45), 26-27.
37. **Moran, E. T.** (1982): Starch digestion in fowl. *Poultry Sci.* 61, 1257-1267.
38. **Mudd, C. A., Perry, T. W.** (1969): Raw cracked vs. expanded gelatinized corn for beef cattle. *J. Animal Sci.* 28, 822-827.
39. **Ørskov, E. R.** (1976): The effects of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. *Proc. Nutr.* 35, 245-254.
40. **Parott, J. C., Mehen, S., Hale, W. H., Little, M., Theurer, B.** (1969): Digestibility of dry rolled and steam processed flaked barley. *J. Animal Sci.* 28, 425-430.
41. **Pavličević, A., Zeremski, D., Bekrić, V., Adamović, M., Nikolić, J. Anna:** Uticaj mikronizacije zrna tri osnovna tipa kukuruza na svarljivost hranljivih materija i bilans azota u teladi. *Zbornik radova Poljoprivrednog fakulteta*, 587, 15-25. Beograd, 1983.
42. **Perry, T. W., Peterson, R. C., Beeson, W. M.** (1974): Roasted corn for finishing beef cattle. *J. Animal Sci.* 39, 248-254.
43. **Pran Vohra:** Developments in cereal processing and digestion – Poultry. *US Feed Grain Council*, 53-64. London, 1972.
44. **Riggs, J. K., Sorenson, J. W., Adame, J. L., Sehake, L. M.** (1970): Popped sorghum grain for finishing beef cattle. *J. Animal Sci.* 30, 634-640.
45. **Rooney, L. W., Pflugfelder, R. L.** (1986): Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Animal Sci.* 63, 1607-1623.
46. **Selb, P.** (1971): Starch gelatinization: chemical and physical effects. *Feedstuffs* 43 (11), 44-45.
47. **Smith, O. B.**: Extrusion cooking systems. *Feed Manufacturing Technology*. 105-113. Chicago, 1970.
48. **Spicer, L. A., Theurer, B., Some, J., Noon, T. H.** (1986): Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain, corn and barley – based diets by beef steers. *J. Animal Sci.* 62, 521-530.
49. **Sullivan, J. E., Costa, P. M., Owens, F. N., Jensen, A. H., Wikoff, K. E., Hatfield, E. E.**: Effect of heat on the nutritional value of corn. *Corn quality in world markets*. The interstate printers & publishers Inc. Danville, 1975.
50. **Theurer, B.** (1986): Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Animal Sci.* 63, 1649-1662.
51. **Tonroy, B. R., Perry, T. W.** (1975): Effect of roasting corn at different temperatures on grain characteristics and in vitro starch digestibility. *J. Dairy Sci.* 58, 566-569.
52. **Waldo, D. R.** (1973): Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *J. Animal Sci.* 37, 1062-1070.
53. **White, T. W., Perry, T. W., Tonroy, B. R., Lechtenberg, V. L.** (1973): Influence of processing on in vitro and in vivo digestibility of corn. *J. Animal Sci.* 37, 1414-1425.

## HEAT TREATED CEREALS IN ANIMAL FEEDING

### SUMMARY

The heat treatment of cereal grains is becoming more and more important in the feeding of various domestic and other animals. For the most part, the available data are coming from experiments in ruminants, where the use of heat treated grains seems to be very promising, but good results were achieved in non-ruminants, too – and, recently, particularly in the feeding of pet animals and fish.

This report shows the results of many trials published in Yugoslavia and abroad. From all this abundant information the most important effects are shown as well as the possibilities for the practical use of heat treated cereals in the actual animal feeding.