

TERMIČKI POSTUPCI OBRADJE KUKURUZA I SIRKA

*Slavko Filipović, Marijana Sakač, Milutin Ristić,
Vladimir Filipović, Šandor Kormanjoš*

Tehnološki fakultet, Novi Sad

Izvod: U radu je dat pregled termičkih postupaka - ekstruzije i hidrotermičke obrade kukuruza i sirka. Utvrđeni su tehnološki parametri ispitivanih termičkih tretmana i fizičko-hemijske karakteristike kukuruza i sirka pre i nakon primene postupka ekstruzije i hidrotermičke obrade.

Gljučne reči: ekstrudiranje, hidrotermički postupak, kukuruz, sirak

Uvod

U proizvodnji hrane za životinje, odnosno u komponovanju gotovih krmnih smeša, pored obezbeđenja proteina odgovarajuće biološke vrednosti, neophodno je ispuniti i energetske uslove za određenu vrstu i kategoriju životinja. Energetski nivo krmnih smeša može da se ostvari dodavanjem odgovarajućih količina žitarica, kao ugljenohidratnog dela obroka.

U domaćoj proizvodnji krmnih smeša kukuruz zauzima vodeće mesto u odnosu na ostale žitarice, upravo zbog visokog sadržaja energije (16,2 MJ/kg), skroba, srazmerno velikog sadržaja ulja i niskog nivoa celuloze. Smatra se da kukuruz, pored najbolje svarljivosti, ima i najbolji ukus u odnosu na druga žita (Bekrić, 1999).

Termičko tretiranje žitarica koristi se za poboljšanje njihovih nutritivnih, higijenskih, fizičko-hemijskih i drugih karakteristika, odnosno njime se povećava hranljiva vrednost nekih nutritivenata, poboljšavaju senzorna svojstva (npr. povećava "slast" pri obradi kukuruza), obezbeđuje mikrobiološka ispravnost proizvoda (Jansen, 1991; Verheul, 1997) i inaktiviraju eventualno prisutni termolabilni antinutritienti. U najčešće korišćene termičke tretmane za obrađivanje žitarica, dakle i kukuruza, ubrajaju se ekstrudiranje, mikronizacija, hidrotermički tretman, tostiranje i drugi postupci.

Najčešće korišćeni termički tretmani za obrađivanje žitarica su tostiranje (Jensen i sar., 1995.), ekstrudiranje (Huang et al., 1995), mikronizacija (Aumaitre et al., 1989), hidrotermički tretman (Siljander-Rasi et al., 1996) i drugi.

Primena postupaka ekstruzije i hidrotermike moguća je i kada su u pitanju kukuruz i sirak sa ciljem unapređenja nutritivnog profila ovih hraniva, pre svega želatinizacije skroba i povećanja rastvorljivosti ugljenih hidrata (degradacijom skroba u redukujuće šećere), kao i poboljšanja mikrobiološke slike i senzornih karakteristika (redukcija inhibitornih materija i antinutritivenata) finalnog proizvoda u odnosu na polazne sirovine (Filipović i sar., 2003a; 2003b; 2004a; 2004b).

U ovom radu prikazane su nutritivne vrednosti kukuruza i sirka pre i posle primene termičkih postupaka.

Materijal i metode rada

Ekstrudiranje i hidrotermički tretman kukuruza i sirka

Ekstrudiranje kukuruza obavljeno je na ekstruderu proizvođača "Metalmatik", Beočin, kapaciteta 1000 kg/h, sa elektromotorom od 75 kW i pužnim dozatorom sa elektromotorom od 1,5 kW pri radnoj temperaturi merenoj u glavi ekstrudera tokom procesa ekstruzije 125 ± 1 °C. U procesu ekstrudiranja kukuruza korišćen je veštački suv kukuruz (12% vlage), koji je prethodno samleven na mlinu čekićaru, na situ otvora \varnothing 5 mm, a potom navlažen do 21-23% vlage i nakon 6 h ekstrudiran. Ekstrudiranje sirka obavljeno je na ekstruderu proizvođača "Metalmatik", Beočin, čiji kapacitet iznosi 100 kg/h na temperaturi ekstrudiranja 98-103 °C. Sirak je pre ekstrudiranja samleven na mlinu čekićaru i navlažen do 20-23% vlage i nakon toga ekstrudiran. Hidrotermički tretiranje kukuruza i sirka izvršeno je u uređaju za hidrotermičku obradu kapaciteta 750 kg/h, proizvođača "Nigal", Novi Sad, na temperaturi 90-110 °C.

Hemijske metode

Osnovni hemijski sastav, kao i sadržaj ukupnih i redukujućih šećera, skroba, tanina, fosfora, gvožđa, natrijuma, bakra i β -karotina ispitivanih polaznih sirovina i proizvedenih hraniva određen je po metodama A.O.A.C. (1984)

Zapreminska masa urađena je po Pravilniku o metodama uzimanja uzoraka i metodama vršenja fizičkih, hemijskih i mikrobioloških analiza stočne hrane (1987).

Rezultati i diskusija

U tabelama 1 i 2 prikazane su hemijske i fizičke karakteristike ekstrudiranog kukuruza i sirka, dok je u tabelama 3 i 4 prikazan nutritivni profil hidrotermički obrađenih hraniva (Filipović i sar., 2003a; 2003b).

Na osnovu dobijenih podataka prezentiranih u tabeli 1 može se zaključiti da primenom postupka ekstrudiranja kukuruza dolazi do fizičko-hemijskih promena tretiranog materijala, koje se ogledaju u smanjenju nasipne mase ekstrudiranog kukuruza u odnosu na netretirani kukuruz i registovanju promena u strukturi skroba usled procesa želatinizacije (Bekrić i sar., 1991; Filipović i sar., 2003a; 2003b), koje se dalje, ogledaju u povećanju sadržaja ukupnih i redukujućih šećera i promenama u skrobnom kompleksu, koje se mogu sagledati i kroz blagi porast sadržaja ukupnih i redukujućih šećera ekstrudata.

Postupak ekstrudiranja sirka rezultira promenama na skrobu i smanjenjem sadržaja taninskih materija u odnosu na netretirani sirak (tabela 2). Duže izlaganje sirka hidrotermičkom tretmanu vodi poboljšanju nutritivne slike finalnih proizvoda (tabela 4).

Rezultati primene termičkih tretmana, postupka hidrotermičke obrade i ekstruzije, na kukuruz i sirak, ukazuju da ovi tehnološki postupci dovode do fizičko-hemijskih promena u strukturi tretiranog sirka i kukuruza, koje omogućavaju postizanje bolje nutritivne slike dobijenih termički obrađenih hraniva.

Veća nasipna masa samlevenog kukuruza evidentna je u odnosu na ekstrudiran kukuruz (tabela 3), a u saglasnosti je sa navodima Bekrića (1999) i Filipovića i saradnika (2003a), što je od značaja kako zbog skladištenja i

transporta, tako i zbog proizvodnje hrane za životinje sa specijalnim zahtevima (hrana za pastrmke, kućne ljubimce i drugo). Evidentno je i značajno smanjenje vlage u ekstrudiranom proizvodu zbog primene procesa ekstrudiranja.

Tabela 1. Hemijske i fizičke karakteristike netretiranog i ekstrudiranog kukuruza
Table 1. Chemical and physical characteristics of nontreated and extruded corn

Pokazatelji kvaliteta <i>Quality parameters</i>	Sadržaj <i>Content</i>	
	Kukuruz <i>Corn</i>	Ekstrudirani kukuruz <i>Extruded corn</i>
Vlaga <i>Moisture (%)</i>	13,66	10,69
Sirovi proteini <i>Crude proteins (%)</i>	6,75	7,62
Sirova celuloza <i>Crude fiber (%)</i>	2,99	3,29
Sirova mast <i>Crude fat (%)</i>	3,54	4,42
Skrob <i>Starch (%)</i>	64,5	63,31
Ukupni šećeri <i>Total sugars (%)</i>	1,95	3,1
Redukujući šećeri <i>Reducing sugars (%)</i>	0,95	1,8
Mineralne materije <i>Mineral matters (%)</i>	1,02	1,14
Nasipna masa <i>Bulk density (g/dm³)</i>	671,0	596,6
Ugao nasipanja <i>Angle of repose (°)</i>	31,0	32,4
Granulometrijski sastav <i>Granulometric composition</i>		
Otvor na situ <i>Screen size Ø (mm)</i>	Ostatak na situ <i>Retained quantity (%)</i>	
2,00	15,8	3,6
1,250	17,9	11,2
1,000	8,8	7,9
0,630	22,0	23,5
0,250	33,8	43,6
0,125	1,7	10,2
0,063	0,0	0,0
Dno <i>Bottom</i>	0,0	0,0

Tabela 2. Hemijske i fizičke karakteristike netretiranog i ekstrudiranog sirka
 Table 2. Chemical and physical characteristics of nontreated and extruded sorghum

Pokazatelji kvaliteta Quality parameters	Sirak Sorghum	Ekstrudirani sirak Extruded sorghum
Vlaga Moisture (%)	12,83	10,71
Sirovi proteini Crude proteins (%)	11,62	11,88
Sirova celuloza Crude fiber (%)	4,99	4,07
Sirova mast Crude fat (%)	3,62	3,61
Skrob Starch (%)	56,1	50,71
Ukupni šećeri Total sugars (%)	1,92	2,15
Redukujući šećeri Reducing sugars (%)	1,2	1,4
Mineralne materije Mineral matters (%)	2,40	2,25
Nasipna masa Bulk density (g/dm^3)	638	530
Ugao nasipanja Angle of repose ($^\circ$)	22,0	30,0
Tanini, kao ekvivalent taninske kiseline Tannins, as equivalent of tannic acid (%)	11,96	8,05

Tabela 3. Kvalitet kukuruza obrađenog hidrotermičkim postupkom na 110 °C
 (Filipović i sar., 2005)

Table 3. Quality of hydrothermal treated corn at 110 °C (Filipović et al., 2005)

Pokazatelji kvaliteta Quality parameters	V ₁ = 20 min	V ₂ = 30 min	V ₃ = 40 min	V ₄ = 50 min
Vlaga Moisture (%)	8,92	8,23	8,48	7,58
Suva materija Dry matter (%)	91,08	91,52	91,52	92,42
Sirovi proteini Crude proteins (%)	8,99	8,99	10,33	9,66
Sirova mast Crude fat (%)	2,46	2,51	2,39	2,17
Sirova celuloza Crude fiber (%)	3,74	3,72	3,64	3,68
Mineralne materije Mineral matters (%)	1,50	1,46	1,32	1,28
Skrob Starch (%)	73,18	72,20	73,67	75,02
Ukupni šećeri Total sugars (%)	1,08	1,12	1,04	1,10
Redukujući šećeri Reducing sugars (%)	0,95	1,00	0,92	1,05
Nasipna masa Bulk density (g/dm^3)	692	690	686	678

Proizvodi dobijeni (kukuruz i sirak) procesom ekstrudiranja u odnosu na polazne sirovine značajno su promenili organoleptički sastav koji se ogleda u postizanju blagog ukusa slasti i prijatnog mirisa na polaznu sirovinu.

Tabela 4. Kvalitet sirka obrađenog hidrotermičkim postupkom na 103 °C (Filipović i sar., 2005)

Table 4. Quality of hydrothermal treated sorghum at 103 °C (Filipović et al., 2005)

Pokazatelji kvaliteta Quality parameters	V ₁ = 20 min	V ₂ = 30 min	V ₃ = 40 min	V ₄ = 50 min
Vlaga Moisture (%)	9,82	8,50	8,05	7,07
Suva materija Dry matter (%)	90,12	91,5	91,95	92,93
Sirovi proteini Crude proteins (%)	11,38	11,19	11,17	11,16
Sirova mast Crude fat (%)	2,09	2,07	2,23	2,13
Sirova celuloza Crude fiber (%)	3,45	3,22	3,11	3,25
Mineralne materije Mineral matters (%)	1,52	1,49	1,86	1,57
Skrob Starch (%)	75,95	75,35	75,55	72,84
Ukupni šećeri Total sugars (%)	1,20	1,26	1,24	1,30
Redukujući šećeri Reducing sugars (%)	0,53	0,60	0,54	0,82
Tanini Tanninins (%)	0,1886	0,153	0,152	0,1506
Nasipna masa Bulk density (g/dm ³)	782	780	784	788

Zaključak

Ekstrudiranje kukuruza i sirka odražava se na fizičko-hemijske karakteristike tretiranog materijala, primarno skroba, odnosno na promene u sadržaju ukupnih i redukujućih šećera, nasipne mase i senzorne slike, a to, dalje, obezbeđuje povećanje nutritivne vrednosti proizvoda i preporučuje ih za ishranu mladih kategorija životinja i formulaciju hrane za ribe.

Fizičko-hemijske promene sirka i kukuruza nakon hidrotermičkog tretmana izražene su u promeni sadržaja skorba, ukupnih i redukujućih šećera, kao i taninskih materija.

Napomena: Istraživanja su finansirana od strane Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije - projekat br. TR - 6877B.

Literatura

- A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 14th ed., (1984): Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
Bekrić, V. (1999): Industrijska proizvodnja stočne hrane, Beograd.

- Bekrić, V., Božović, Irina, Pejić, Đ. (1991): Uticaj termičke obrade pojedinih vrsta žita na njihov fizičko-hemijski sastav, IV Simpozijum tehnologije stočne hrane, Zbornik radova, 14-26, Divčibare.
- Douglas, J.H., Sullivan, T.K., Bond, P.L., Struwe, F.J. (1990): Nutrient composition and metabolizable energy values of selected grain sorghum varieties and yellow corn, Poultry Sci., 69, 1147-1155.
- Eichner, K., Wolf, W. (1983): Maillard reaction products as indicator compounds for optimizing drying and storage conditions. In: G.R. Wallen, M.S. Feather (eds.), The Maillard Reaction in Foods and Nutrition. ACS Symposium Series 215, Washington, DC.
- Filipović, S., Sakač, Marijana, Daković, S., Ristić, M., Kormanjoš, Š., Filipović, Jelena (2004): Tehnološki postupak proizvodnje oplemenjenog i ekstrudiranog oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna, Mlinpek almanah, X, 111, 10-16.
- Filipović, S., Sakač, Marijana, Ristić, M., Kormanjoš, Š. (2003): Termički postupci obrade žitarica i soje, X Simpozijum tehnologije hrane za životinje 'Bezbednost i kvalitet', Zbornik radova, 176-189, Vrnjačka Banja.
- Filipović, S., Sakač, Marijana, Ristić, M., Kormanjoš, Š. (2005a): Proizvodnja oplemenjenog i ekstrudiranog oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna, PTEP, 9, 3-4, 91-93.
- Filipović, S., Sakač, Marijana, Ristić, M., Kormanjoš, Š. (2005b): Termički postupci obrade uljarica i žitrica, XI Međunarodni simpozijum tehnologije hrane za životinje 'Obezbeđenje kvaliteta', Zbornik radova, 84-97, Vrnjačka Banja.
- Filipović, S., Sakač, Marijana, Ristić, M., Kormanjoš, Š., Filipović, Jelena, Zlatković, Z. (2005c): Uticaj ekstrudiranja na kvalitet oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna, Veterinarski glasnik, 59, 1-2, 329-333.
- Jansen, H.D. (1991). Extrusion cooking for mixed feed processing, Advan. Feed Technol., 5, 58-66.
- Jovanović, R., Radosavljević, Milica, Božović, Irina, Bekrić, V., Žilić, Slađana (2001): Nove mogućnosti u proizvodnji stočne hrane - tehnologije proizvodnje i prerade kukuruza i soje i novi asortiman proizvoda, IX Simpozijum tehnologije stočne hrane 'Korak u budućnost', Zbornik radova, 109-117, Zlatibor.
- Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (1988): Službeni list SFRJ, 74, 1854-1887.
- Van Der Poel, A.F.B. (1990): Legume seeds: effects of processing on antinutritional factors and nutritional for non-ruminant feeding, Advan. Feed Technol., 4, 22-36.

THERMAL TREATMENTS OF CORN AND SORGHUM

*Slavko Filipović, Marijana Sakač, Milutin Ristić,
Vladimir Filipović, Šandor Kormanjoš*

Faculty of Technology, Novi Sad

Summary: The review of thermal treatments - extrusion and hydrothermal treatment of corn and sorghum is presented in this paper. The technological parameters of investigated thermal treatments and physico-chemical characteristics of nontreated and treated corn and sorghum are determined.

Key words: extrusion, hydrothermal treatment, corn, sorghum