



Institut za prehrambene tehnologije,  
Bulevar cara Lazara 1, 21000 Novi Sad

# UTICAJ EKSTRUDIRANJA NA NUTRITIVNU VREDNOST HRANIVA

## EFFECT OF EXTUSION ON NUTRITIONAL VALUE OF FEED

*Slavko Filipović, Šandor Kormanjoš, Marijana Sakač,  
Jelena Filipović, Đorđe Psodorov, Đorđe Okanović*

*Zahvalnost: Istraživanja u ovom radu deo su projekta „Održivost lanca masovne proizvodnje hrane“  
TR-20066, finansiranog od Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj RS*

# UVOD

---

Proizvodnja hrane u svetu predstavlja izuzetno značajan problem, koji se nameće, kako u razvijenim, tako i u nerazvijenim delovima sveta.

Rešenje za povećanje proizvodnje hrane za ljude i životinje jeste primena novih tehnologija, tehnologija u biotehnologiji, odnosno u bioindustriji.

U svetu i kod nas su razvijeni novi tehnološki postupci, koji za cilj imaju povećanje nutritivne vrednosti hrane namenjene za ishranu ljudi i životinja, kao i valorizaciju sporednih proizvoda prehrambene i primarne poljoprivredne proizvodnje.

Danas se u svetu koriste mnogi načini za termičko obrađivanje zrna uljarica i žitarica, kao što su tostiranje, ekstruzija, hidrotermička obrada, mikronizacija, mikrotalasni tretman, dielektrično toplotno tretiranje.

U našoj zemlji, po saznanjima iz prakse i literature, najčešće se primenjuju proces ekstruzije i hidrotermički proces, čijom primenom se dobijaju eksrudirani, odnosno hidrotermički tretirani proizvodi.

# MATERIJAL I METODE

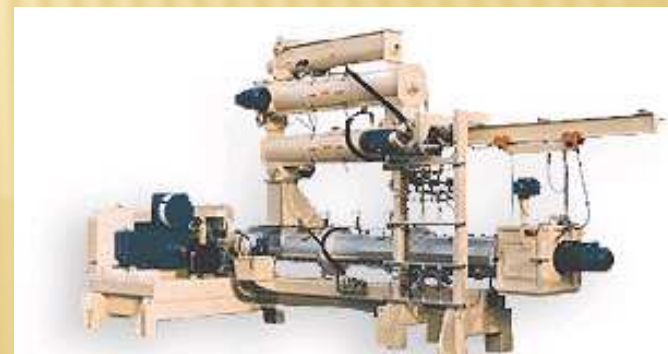
## *Ekstrudiranje soje – suvi postupak*

Ekstrudiranje soje obavljeno je na ekstruderu tip M2, model 1000 “Oprema zootehnička oprema” Ludbreg, Hrvatska. Ekstruder je nominalnog kapaciteta 1000 kg/h, sa instalisanim elektromotorom od 77 kW i sa pužnim dozatorom, čiji je elektromotor od 1,5 kW. Sklop ekstrudera čine četiri segmenta (obloge ekstrudera) i četiri livene pužnice sa različitim korakom spirale.



## *Ekstrudiranje zrna soje uz dodatak vodene pare*

Ekstrudiranje soje uz dodatak vodene pare izvršeno je na ekstruderu „Miltenz“ tip 501-SP, Novi Zeland. Kapacitet ekstrudera iznosi 500 kg/h soje. Ekstruder sačinjava pet segmenata (zona), glavni motor ekstrudera od 37,5 kW, pužni dozator sa elektromotorom od 1,5 kW



## **Ekstrudiranje uljane repice**

Za ekstrudiranje uljane repice korišćeni su uljana repica i poljoprivredni proizvodi – kukuruz, pšenica, ječam, tritikale i lucerka. Ekstrudiranje je vršeno na uređaju „Oprema-zootehnička oprema“, tip M2, model 1000 (Ludbreg, Hrvatska), sa četiri segmenta grejanja u procesu ekstruzije.

Kapacitet ovog ekstrudera iznosi 850-1000 kg/h ekstrudirane hrane. Instalirana snaga elektromotora ekstrudera iznosi 75 kW, a pužnog dozatora 1,5 kW.

Radna temperatura merena u glavi ekstrudera tokom procesa ekstruzije iznosila je  $125 \pm 1$  °C, kapacitet ekstrudera bio je 90%, jačina struje 85-90 A, a prečnik mlaznice 8 mm.



## **Ekstrudiranje kukuruza**

U procesu ekstrudiranja kukuruza korišćen je kukuruz sa 12% vlage koji je prethodno samleven na mlinu čekićaru, na situ otvora  $\varnothing$  5 mm, a potom navlažen do 18% vlage i nakon 6 h ekstrudiran.

Ekstrudiranje kukuruza obavljeno je ne ekstruderu kapaciteta 900 kg/h, sa elektromotorom od 100 kW i pužnim dozatorom sa elektromotorom od 1,1 kW.

Temperatura ekstrudiranja iznosila je 90 i 95 °C.



### ***Ekstrudiranje oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna***

Ekstrudiranje oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna izvršeno je na ekstruderu "Metal-Matik", model 11-1000 (Beočin, Srbija), sa četiri segmenta (zone) grejanja u procesu ekstruzije. Kapacitet ovoga ekstrudera iznosi 1000 kg/h ekstrudirane hrane. Instalirana snaga elektromotora ekstrudera iznosi 75 kW, a pužnog dozatora sa elektromotorom 1,5 kW. Ekstrudiranje je vršeno na temperaturi od 105 °C.

### ***Ekstrudiranje sirka***

Ekstrudiranje sirka obavljeno je na ekstruderu proizvođača "Metal-Matik" (Beočin, Srbija), čiji kapacitet iznosi 100 kg/h na temperaturi ekstrudiranja 98-103 °C, sa 4 segmenta i 4 pužnice i mlaznicom otvora Ø 4 mm. Sirak je pre ekstrudiranja samleven na mlinu čekićaru i navlažen do 20-23% vlage i nakon toga ekstrudiran.



### ***Ekstrudiranje hraniva proizvedenog od "ribljeg korova"***

U proizvodnji proteinsko-energetskog hraniva postupkom ekstrudiranja „ribljeg korova“ iz prirodnih ribnjaka i punomasnog sojinog griza, sirovine su prethodno izmešane u odnosu 1:2. Ekstrudiranje je izvršeno na temperaturi 90 °C, na ekstruderu tipa E-250, Ukrajina, kapaciteta 1000 kg/h. Ekstruder je sastavljen iz četiri segmenta sa otvorom glave prečnika Ø 10 mm i elektromotorom instalisane snage 37 kW.

“Riblji korov” je pre mešanja usitnjen u mašini za usitnjavanje („kuter“), a potom u protivstrujnoj mešalici izmešan sa punomasnim sojinim grizom.

## **Hemijske metode za određivanje kvaliteta soje, uljane repice, kukuruza, kukuruznog stočnog brašna, sirka i ribljeg „korova“**

### **Osnovni hemijski sastav**

(sadržaj vlage, sirovih proteina, sirove masti, sirove celuloze i mineralnih materija) određen je po metodama AOAC.

Sadržaj skroba, ukupnih i redukujućih šećera određen je po Pravilniku o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa.

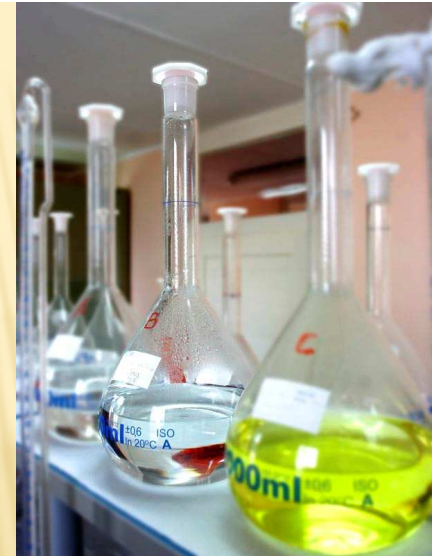
**Sadržaj tripsin inhibitora** u zrnju soje i punomasnom ekstrudiranom sojinom grizu (suva ekstruzija i postupak sa kondicioniranjem) određen je po metodi Hamerstanda i saradnika.

**Aktivnost ureaze** u ispitivanim uzorcima određena je po metodi propisanoj Internacionalnim standardom ISO 5506.

**Indeks rastvorljivosti azota** (Nitrogen Solubility Index – NSI) određen je po metodi AOCS.

**Aminokiselinski sastav** ispitivanih uzoraka određen je na aminoanalizatoru Biotronik LC 5001. Uzorci su hidrolizovani 6 mol/dm<sup>3</sup> hlorovodoničnom kiselinom tokom 23 h na temperaturi 110 °C. Cistin i metionin su prethodno oksidovani permravljom kiselinom 15h na 2 °C.

**Sadržaj ukupnih glukozinolata** određen je po mađarskom standardu MSZ-08-1908-1989, koji podrazumeva merenje apsorbancije Pd-kompleksa glukozinolata na 425 nm. Standardna kriva konstruiš se spektrofotometrisanjem serije standardnih rastvora sinigrina (Sigma, S-1647) sa Pd-reagensom.



## ***Mikrobiološka ispitivanja***

Ukupan broj mikroorganizama, broj kvasaca, plesni, izolovanje i identifikacija *Salmonella* i sulfitoredukujućih klostridija određeni su po Pravilniku o metodama vršenja mikrobioloških analiza i superanaliza životnih namirnica. Za određivanje prisustva koagulaza pozitivnih stafilokoka, *Proteus* vrsta i *Escherichia coli* primenjena je interna laboratorijska metoda. Odmeri se 50 gr ispitivanog uzorka u Erlenmajerovu tikvicu i nalije sa 450 ml pripremljenog sterilnog hranljivog bujona. Pripremljeni uzorak se blago homogenizuje i inkubira 24 h na 37 °C. Izolovanje i identifikacija se vrši prema Pravilniku o metodama vršenja mikrobioloških analiza i superanaliza životnih namirnica.



---

# REZULTATI I DISKUSIJA



**Tabela 1. Pokazatelji kvaliteta zrna soje i punomasnog ekstrudiranog sojinog griza (suvaekstruzija)**

Pokazatelji kvaliteta	Zrno soje		Punomasni ekstrudirani sojin griz	
	% u uzorku	% u SM*	% u uzorku	% u SM*
Osnovni hemijski sastav				
Vlaga	10,06	-	4,67	-
Sirovi proteini	37,48	41,67	39,40	41,33
Sirova mast	19,27	21,26	20,26	21,25
Sirova celuloza	4,39	4,88	4,08	4,28
Mineralne materije	4,63	5,15	4,81	5,05
Aminokiselinski sastav (% u proteinima)				
Asparaginska kiselina	12,00		10,35	
Treonin	4,59		3,63	
Serin	5,02		5,00	
Glutaminska kiselina	14,73		13,84	
Prolin	4,87		3,59	
Glicin	4,10		3,99	
Alanin	3,99		3,86	
Cistin	1,54		1,26	
Valin	5,14		3,76	
Metionin	1,27		0,84	
Izoleucin	4,27		4,26	
Leucin	7,20		7,13	
Tirozin	4,49		4,21	
Fenilalanin	5,18		4,95	
Histidin	3,49		3,44	
Lizin	6,10		5,03	
Arginin	7,90		7,89	

**Tabela 2. Pokazatelji kvaliteta merodavni u proceni adekvatnosti primenjenog termičkog tretmana**

<b>Pokazatelj kvaliteta</b>	<b>Zrno soje</b>	<b>Punomasni ekstrudirani sojin griz</b>
Tripsin inhibitor, mg/g	61,66	3,27
Aktivnost ureaze, mgN/g/min na 30 °C	10,95	0,26
NSI, %	65,82	25,64

Tabela 3. Nivoi aktivnosti ureaze postignuti pri različitim termičkim tretmanima zrna soje

Proizvod termički tretirane soje	Aktivnost ureaze (mg N/g · min na 30 °C)
Pretretiran	< 0,05
Optimalno tretiran	0,1-0,3
Slabije tretiran	0,3-0,5
Nedovoljno tretiran	> 0,5

Tabela 4. Pokazatelji kvaliteta zrna soje i punomasnog ekstrudiranog sojinog griza (ekstrudiranje sa kondicioniranjem)

Pokazatelji kvaliteta	Zrno soje	Punomasni ekstrudirani sojin griz
Vlaga, %	9,80	11,22
Mineralne materije, %	4,56	4,54
Srova celuloza, %	5,26	5,11
Sirova mast, %	20,19	20,05
Sirovi proteini, %	35,40	35,27
Aktivnost ureaze, mg N/gmin na 30 °C	8,00	0,22
NSI, %	66,34	21,27
Tripsin inhibitor, mg/g	48,92	3,11

**Tabela 5. Sadržaj ukupnih glukozinolata u uljanoj repici i kombinacijama uljane repice sa poljoprivrednim proizvodima pre i nakon ekstrudiranja**

Uzorak	Tretman	Glukozinolati ( $\mu\text{mol/g}$ s.m.)	Redukcija glukozinol ata (%)
uljana repica	mlevena	65,91	29,56
uljana repica	ekstrudirana	46,43	
u.r.+kukuruz 30:70	mlevena	21,35	26,60
u.r.+kukuruz 30:70	ekstrudirana	15,67	
u.r.+kukuruz 50:50	mlevena	32,83	25,01
u.r.+kukuruz 50:50	ekstrudirana	24,62	
u.r+ječam 30:70	mlevena	19,76	28,90
u.r+ječam 30:70	ekstrudirana	14,05	
u.r+ječam 50:50	mlevena	33,57	24,49
u.r+ječam 50:50	ekstrudirana	25,35	
u.r.+tritikale 30:70	mlevena	23,34	29,05
u.r.+tritikale 30:70	ekstrudirana	16,56	
u.r.+tritikale 50:50	mlevena	36,73	24,15
u.r.+tritikale 50:50	ekstrudirana	27,86	
u.r.+pšenica 30:70	mlevena	19,80	22,98
u.r.+pšenica 30:70	ekstrudirana	15,25	
u.r.+pšenica 50:50	mlevena	41,70	22,64
u.r.+pšenica 50:50	ekstrudirana	32,26	
kukuruz+u.r.+lucerka 60:30:10	mlevena	18,65	30,94
kukuruz+u.r.+lucerka 60:30:10	ekstrudirana	12,88	
kukuruz+u.r.+lucerka 40:50:10	mlevena	35,22	27,31
kukuruz+u.r.+lucerka 40:50:10	ekstrudirana	25,60	

Tabela 6. Hemijski sastav mlevenog i ekstrudiranog kukuruza

Pokazatelji kvaliteta	Kukuruz	Kukuruz ekstrudiran na 90 °C	Kukuruz ekstrudiran na 95 °C
Sirovi proteini, % u s.m.	9,25 <sup>c</sup>	9,07 <sup>b</sup>	8,97 <sup>a</sup>
Mineralne materije, % u s.m.	1,83 <sup>b</sup>	1,56 <sup>a</sup>	1,58 <sup>a</sup>
Sirova celuloza, % u s.m.	3,45 <sup>c</sup>	2,47 <sup>a</sup>	2,80 <sup>b</sup>
Sirova mast, % u s.m.	4,80 <sup>c</sup>	2,08 <sup>a</sup>	2,66 <sup>b</sup>
NSI, %	13,11 <sup>b</sup>	6,06 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>
Skrob, % u s.m.	70,90 <sup>c</sup>	67,06 <sup>b</sup>	64,98 <sup>a</sup>
Ukupni šećeri, % u s.m.	1,00 <sup>a</sup>	3,99 <sup>b</sup>	4,12 <sup>b</sup>
Redukujući šećeri, % u s.m.	0,40 <sup>a</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>

Vrednosti su izražene kao srednja vrednost pet nezavisnih određivanja. Srednje vrednosti pokazatelja obeležene istim slovom u redu nisu statistički značajno različite.

**Tabela 7. Hemijski sastav oplemenjenog i ekstrudiranog oplemenjenog kukuruznog stočnog brašna**

<b>Pokazatelji kvaliteta (% u s.m.)</b>	<b>Oplemenjeno kukuruzno stočno brašno</b>	<b>Ekstrudirano oplemenjeno kukuruzno stočno brašno</b>
Sirovi proteini	11,90	11,30
Sirova celuloza	4,36	4,48
Sirova mast	9,14	8,90
Mineralne materije	2,36	2,40
Skrob	59,48	56,55
Ukupni šećeri	1,73	4,16

**Tabela 8. Kvalitet netretiranog i ekstrudiranog sirka**

<b>Pokazatelji kvaliteta (% u s.m.)</b>	<b>1</b>	<b>2 (E)</b>	<b>3</b>	<b>4 (E)</b>	<b>5</b>	<b>6 (E)</b>
Vlaga	27,98	15,09	14,48	9,57	14,97	9,11
Sirovi proteini	13,62	13,01	22,78	22,04	23,92	26,29
Sirova mast	6,80	6,17	5,17	6,57	6,04	8,32
Sirova celuloza	2,90	3,10	9,09	8,92	12,60	12,35
Mineralne materije	3,32	3,26	3,18	3,78	3,54	4,41
Skrob	57,37	56,90	45,03	43,38	41,24	27,52
Ukupni šećeri	3,39	2,67	5,57	5,37	4,12	5,92
Redukujući šećeri	0,40	0,21	0,560	0,60	1,40	0,39
Tanini	0,45	0,43	0,42	0,56	0,40	0,49

**1** - Navlažen i netretiran sirak

**2** - Ekstrudirani sirak

**3** - Netretiran sirak pomešan sa sojom u odnosu 70:30

**4** - Ekstrudirani sirak pomešan sa sojom u odnosu 70:30

**5** - Netretiran sirak pomešan sa sojom u odnosu 50:50

**6** - Ekstrudirani sirak pomešan sa sojom u odnosu 50:50

Tabela 9. Hemijski sastav i broj mikroorganizama u "ribljem korovu"

Hemijski sastav	u uzorku (%)	u s.m. (%)
Voda	73,14	-
Sirovi proteini	14,41	53,06
Sirova mast	7,55	27,80
Mineralne materije	2,92	10,75
BEM	0,95	3,50
Fosfor	0,35	1,29
Kalcijum	0,98	3,61
Mikrobiološka analiza		
Mikroorganizmi	u	broj
Salmonella sp.	50 gr	0
Koagulaza pozitivne stafilokoke	50 gr	0
Sulfitoredukujuće klostridije	1 gr	0
Proteus vrste	50 gr	0
Escherichia coli	50 gr	0
Ukupan broj plesni	1 gr	5000
Ukupan broj kvasaca	1 gr	0
Ukupan broj bakterija	1 gr	20 000 000



**Tabela 10. Hemijski sastav i mikrobiološka analiza ekstrudirane smeše "ribljeg korova" i punomasnog ekstrudiranog sojinog griza**

<b>Hemijski sastav</b>	<b>u uzorku (%)</b>	<b>u s.m. (%)</b>
Voda	21,28	u s.m.
Sirovi proteini	32,57	41,37
Sirova mast	16,87	21,43
Sirova celuloza	6,53	8,30
Mineralne materije	4,90	6,22
BEM	16,70	21,21
Fosfor	0,37	0,47
Kalcijum	0,78	0,99
<b>Mikrobiološka analiza</b>		
Mikroorganizmi	u	broj
Salmonella sp.	50 gr	0
Koagulaza pozitivne stafilokoke	50 gr	0
Sulfitoredukujuće klostridije	1 gr	10
Proteus vrste	50 gr	0
Escherichia coli	50 gr	0
Ukupan broj plesni	1 gr	300
Ukupan broj kvasaca	1 gr	0
Ukupan broj bakterija	1 gr	70 100

# ZAKLJUČAK

**Ekstrudiranje hraniva** namenjenih ishrani ljudi i životinja je jedan od termičkih postupaka obrade, koji se koristi pri obradi soje za **poboljšanje nutritivnih, higijenskih i fizičko-hemijskih** karakteristika, odnosno njime se inaktiviraju termolabilni antinutritivni, poboljšava se senzorna svojstva i obezbeđuje mikrobiološka ispravnost proizvoda. Ekstrudiranjem kukuruza, kukuruznog stočnog brašna i sirka dobija se visokovredno energetska hraniva poboljšane nutritivne vrednosti, te povećanog sadržaja ukupnih i redukujućih šećera, kao posledice promena u strukturi skroba (proces želatinizacije), što rezultira i organoleptikom ekstrudata.

Primena postupka ekstruzije vodi smanjenju broja mikroorganizama sirovine, čime se obezbeđuje higijenska ispravnost hraniva, kao i bezbedno skladištenje i korišćenje u ishrani mladih kategorija životinja.

Ekstrudiranje uljane repice u kombinaciji sa primarnim poljoprivrednim proizvodima (kukuruz, pšenica, ječam, tritikale, lucerka) rezultira sniženjem sadržaja glukozinolata u rasponu od 20-30% u odnosu na netretirani materijal.

Ovakvo hranivo je zadovoljavajućeg kvaliteta i može da se koristi u ishrani brojlerskih pilića u ograničenim količinama.

**Hranivo dobijeno od „ribljeg korova“** postupkom ekstrudiranja predstavlja nutritivno vredan proizvod sa visokim sadržajem proteina, masti i mineralnih materija. Ono je higijenski ispravno i može da se preporučiti za pripremu hrane za sve vrste i kategorije životinja.



ERROR: undefined  
OFFENDING COMMAND: Filipovic

STACK:

```
(14)  
/Title  
( )  
/Subject  
(D:20101203141453+01'00' )  
/ModDate  
( )  
/Keywords  
(PDFCreator Version 0.9.5)  
/Creator  
(D:20101203141453+01'00' )  
/CreationDate  
(dusica.ivanov)  
/Author  
-mark-
```