

PROIZVODNJA PUNOMASNOG SOJINOG GRIZA POSTUPKOM SUVE EKSTRUZIJE

FULLFAT SOYBEAN GRITS PRODUCTION BY DRY EXTRUDING PROCEDURE

Dr Marijana SAKAĆ, dr Slavko FILIPOVIĆ, dr Milutin RISTIĆ
Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju stočne hrane, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara, 1

REZIME

Suva ekstruzija je jedan od termičkih postupaka obrade sirove soje, koja se poslednjih godina sve više primenjuje u Jugoslaviji. Ovaj način obrade obezbeđuje inaktiviranje termolabilnih antinutritienata, povećavanje hranljive vrednosti nutritienata, poboljšavanje senzornih svojstava zrna i obezbeđenje ispravne mikrobiološke slike finalnog proizvoda - punomasnog ekstrudiranog sojinog griza.

Ispitivanje postupka suve ekstruzije vršeno je na jednopužnom ekstruderu. Optimizacija procesa suve ekstruzije na ispitivanom uređaju podrazumevala je praćenje pokazatelja kvaliteta merodavnih u proceni adekvatnosti reduciranja antinutritienata - nivoa aktivnosti ureaze, sadržaja tripsin inhibitora i indeksa rastvorljivosti azota u funkciji variranja tehnoloških (radnih) parametara.

Uspešan završetak procesa optimizacije postupka suve ekstruzije, odnosno proizvodnja punomasnog ekstrudiranog sojinog griza zadovoljavajućeg i standardnog kvaliteta, ukazala je da primena suve ekstruzije, kao izbor u opredeljivanju za adekvatan termički tretman soje, predstavlja, svakako, jedan od onih izbora koji će u našoj zemlji sve više uzimati maha.

Cljučne reči: sirovo zrno soje, suva ekstruzija, ekstrudat, aktivnost ureaze, tripsin inhibitor, NSI

SUMMARY

Dry extruding is one of the thermal procedures that has been increasingly applied for treating raw soybean in Yugoslavia. This procedure is used in order to inactivate the thermolabile antinutrients, to increase the nutritive value of the product and to improve the sensoric properties of soybean grain and insure the proper microbiological pattern of the final product - fullfat soybean grits.

The investigation of the dry extruding procedure was performed with a single-screw extruder. The optimization of the dry extruding procedure with the above mentioned equipment included the monitoring of quality parameters that are important for the evaluation of the antinutrients reduction adequacy - the level of urease activity, trypsin inhibitor content and NSI as the functions of varying the technological (operating) parameters.

The successful finalization of the optimization of dry extruding procedure, that is, the production of fullfat soybean grits of satisfactory and standard quality, has suggested that dry extruding procedure is the adequate way of thermal soybean treating and that it will be increasingly used in our country in future.

Key words: raw soybean grain, dry extrusion, extrudate, urease activity, trypsin inhibitor, NSI

UVOD

Korišćenje soje kao sirovine za proizvodnju širokog spektra hraniva za ishranu životinja u velikoj je ekspanziji poslednjih godina u našoj zemlji. Proizvođači hrane za životinje nalaze ekonomsku opravdanost u opredeljenju za proizvodnju raznih vrsta hraniva od termički tretirane soje, obezbeđujući nezavisnost od stanja na tržištu, sigurnost u kvalitet i uštedu u troškovima transporta. Moguće je da će i informacije, odnosno bojazan o širenju bolesti "ludih krava", opavdano ili neopravdano, što će pokazati vreme, doprineti da orijentacija u proizvodnji hraniva od soje dobije još više na zamahu. Ukoliko prihvatanje komponovanja obroka za životinje bude podrazumevalo primarno izbor sirovina biljnog porekla, upotreba hraniva od soje zahtevaće razvijanje i unapređenje proizvodnje ovih komponenti za stočnu hranu, pogotovo u svetlu saznanja o njihovoj izuzetnoj proteinsko-energetskoj prirodi. Zadovoljavanje zahteva za sadržajem proteina u smešama sa višim nivoima ovog nutritienta, kao i mogućnost za postizanjem energetskog balansa u smešama koje iziskuju energiju, biće neminovno vezano za markantno učešće hraniva od soje u kompozicijama (recepturama) hrane za životinje.

Neophodnost primene termičkog obradivanja sirove soje proističe iz saznanja da zrno soje, pored navedenog proteinsko-energetskog potencijala, sadrži antinutritiente soje, koji negativno utiču na apetit, apsorpciju hrane i metabolizam životinja (Liener i Kakade, 1980). Antinutritivne materije soje su inhibitori proteolitičkih enzima (tripsin i himotripsin inhibitori) (Böhm i Täufel, 1993), hemaglutinini (lektini) (Van der Poel, 1990), fitati (Zhou i Erdman, 1995), saponini (Tsukamoto i sar., 1995),

antivitamini A, E i B₁₂ (Liener, 1981), alergenski faktori (glicinin i β-konglicinin) (Hanson, 1996) i druge.

Termičko tretiranje sirove soje rezultira inaktiviranjem termolabilnih antinutritienata, pre svega tripsin-inhibitora, ali i redukcijom neprijatnog, pasuljkastog ("sirovog") ukusa soje, obezbeđenjem mikrobiološke ispravnosti proizvoda i povećanjem hranljive vrednosti nekih nutritienata (Jansen, 1991; Verheul, 1997). Iako se danas u svetu koriste mnogi načini za termičko obradivanje zrna soje - tostiranje, ekstruzija, hidrotermička obrada, mikronizacija, mikrotalasni tretman, dielektrično toplotno tretiranje (Petres i sar., 1990; Rand i sar., 1996; Sakać i sar., 1996; Wang i sar., 1997; Marsman i sar., 1998), u našoj zemlji, po saznanjima iz prakse, sa terena, i iz literature (Karanović, 1996; Jovanović i sar., 1998; Sakać i sar., 1998a; 1998b; 2000), najzastupljeniji su postupak ekstruzije i hidrotermički postupak, mada i tostiranje, učestalo primenjivano po domaćinstvima (i nažalost, najčešće, bez kontrolisanja procesa), ima svoje pristanice.

Ekstruzija je savremen i složen tehnološki postupak, koji se, kao metod prerade različitih sirovina, pa i soje, u proizvode namenjene ljudskoj i stočnoj hrani, koristi od šezdesetih godina ovoga veka. Ekstrudiranje podrazumeva HT/ST princip ekstruzionog kuvanja (high temperature/short time), odnosno proces u kome materijal dostiže visoke temperature (do 200 °C) kratko vreme (do 2 minuta).

Postupak suve ekstruzije za obradu sirove soje, dakle postupak bez dodavanja pare ili bilo kakvog dodatka, podrazumeva izlaganje po mogućnosti očišćene i samlevene soje delovanju visokog pritiska, trenja, smicanja i ekspanzije u telu ekstrudera, što rezultira inaktivacijom antinutritienata (Horvath i sar., 1989;

Van der Poel, 1990; Hu i sar., 1996) i porastom svarljivosti nutritivnata soje - proteina, ulja i ugljenih hidrata (Marsman i sar., 1995; Smoje i sar., 1996; Alonso i sar., 2000). Postupak obrade sprovodi se u glavi ekstrudera, u kojoj se potiskivanjem obrađivanog materijala sistemom zavojnica kroz seriju restrikcionih prstenova stvara visok pritisak (30-40 bara). Efekat trenja i smicanja čestica tretirane mase dovodi do oslobađanja toplote (temperatura materijala je 120-150 °C) u dovoljnoj meri da termički tretman bude izvršen, a paralelno njemu, i sterilizacija finalnog ekstrudata. Obzirom na kratko vreme boravka mase u ekstruderu (manje od 30 s), stepen očuvanja nutritivno vrednih komponenti u postupku suve ekstruzije je relativno visok (Van der Poel, 1990; 1997).

Adekvatno primenjeni režim obrade procesa suve ekstruzije, kao i ma kog termičkog tretmana za obrađivanje zrna soje, predstavlja ostvarenje kompromisa između reduciranja nivoa antinutritivnata i očuvanja nutritivno vrednih komponenti soje. Postizanju ravnoteže između biohemijskih karakteristika sirovine prethodi proces optimizacije rada na ekstruderu - iznalaženja optimalnih radnih parametara (veličina suzivača i prstenova i dimenzija mlaznice, odnosno temperature četvrtog segmenta), čijom primenom se obezbeđuje dobijanje ekstrudata zadovoljavajućeg i standardnog kvaliteta (Vohra i Kratzer, 1991).

Osnovni pokazatelji kvaliteta koji se prate tokom procesa optimizacije termičkog tretmana - suve ekstruzije, kao i kasnije u kontroli kvaliteta finalnog proizvoda - ekstrudata, su sadržaj tripsin inhibitora, nivo aktivnosti ureaze i indeks rastvorljivosti azota (Nitrogen Solubility Index - NSI) (Božović, 1990; Petres i sar., 1990; Božović i Bekrić, 1991; Herkelman i sar., 1991; Monari, 1994; Sakać i sar., 1996; 1998a; 2000).

Ispitivanje i optimizacija procesa suve ekstruzije obavljena je na uređaju "Oprema-zootehnička oprema", tip M2, model 1000 (Ludbreg, Hrvatska), koji je poslužio da se, variranjem radnih parametara i paralelnim određivanjem pokazatelja kvaliteta merodavnih u proceni adekvatnosti primenjenog režima obrade, dođe do saznanja o mogućnosti primene ispitivanog uređaja u obrađivanju soje, kao i do nekih generalnih zaključaka u vezi sa ispitivanom problematikom.

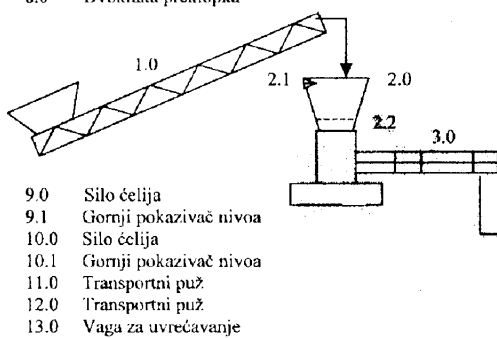
MATERIJAL I METOD RADA

Soja za ekstrudiranje

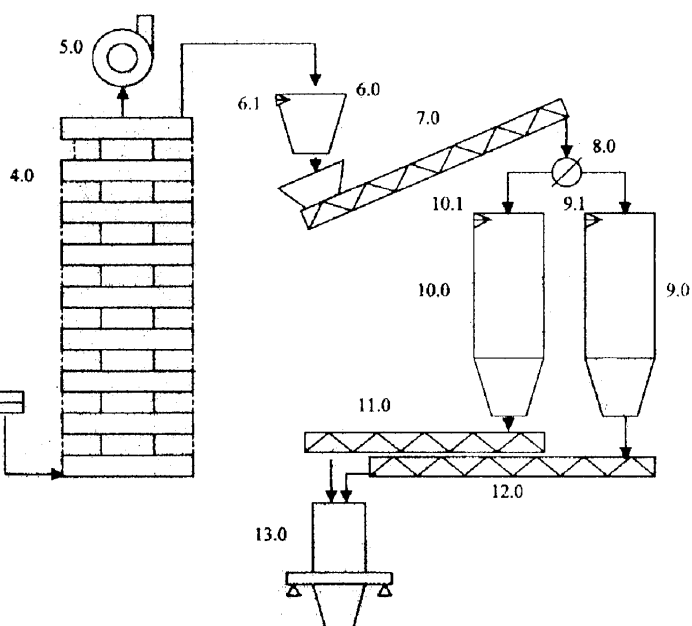
Za ekstrudiranje je korišćena soja domaće proizvodnje, roda 2000. godine, prethodno očišćena od primesa na silosnim aspiratorima. Čišćenje soje je od velikog značaja, obzirom da nečistoće, sa jedne strane, negativno utiču na nutritivni profil

Legenda:

- 1.0 Transportni puž
- 2.0 Koš iznad ekstrudera
- 2.1 Gornji pokazivač nivoa
- 2.2 Permanentni magnet
- 3.0 Ekstruder
- 4.0 Hladnjak
- 5.0 Ventilator
- 6.0 Koš
- 6.1 Gornji pokazivač nivoa
- 7.0 Transportni puž
- 8.0 Dvokraka preklapka



- 9.0 Silo ćelija
- 9.1 Gornji pokazivač nivoa
- 10.0 Silo ćelija
- 10.1 Gornji pokazivač nivoa
- 11.0 Transportni puž
- 12.0 Transportni puž
- 13.0 Vaga za uvrećavanje



Sl. 1. Tehnološki postupak suve ekstruzije soje
Fig. 1. Technological procedure of soybean dry extruding

ekstrudata, a sa druge, mogu da, pogotovo u slučaju prisustva kamenčića ili metalnih predmeta, oštete radne delove ekstrudera i tako mu skrate rok upotrebe. Korišćenje samlevene soje, koje pri ispitivanju postupka suve ekstruzije na ekstruderu na kome je rađeno nije sprovedeno, takođe je od značaja za olakšanje postupka ekstruzije i očuvanje vitalnih delova ekstrudera.

Tehničke karakteristike ekstrudera

Ekstrudiranje soje vršeno je na uređaju "Oprema-zootehnička oprema", tip M2, model 1000 (Ludbreg, Hrvatska), sa četiri segmenta (zone) grejanja u procesu ekstruzije. Kapacitet ovoga ekstrudera iznosi 850-1000 kg/h ekstrudirane hrane. Instalirana snaga elektromotora ekstrudera iznosi 75 kW, a pužnog dozatora sa motorom 1,5 kW.

Termičko obrađivanje zrna soje u navedenom ekstruderu obavljeno je korišćenjem sva 4 segmenta livenog puža, koja se stavljaju na vratilo ekstrudera, a između njih se postavljaju, u cilju regulisanja protoka mase kroz ekstruder, odnosno regulisanja pritiska i temperature materijala u ekstruderu, suzivači i prstenovi. Na kraju puža nalazi se glava ekstrudera, u koju se postavlja mlaznica. Telo ekstrudera sastoji se od četiri jednaka segmenta, koja se navlače na pužnice i suzivače, a kopčama (obujmicama) dotežu pre puštanja ekstrudera u rad. Temperatura poslednjeg, četvrtog, segmenta meri se na ugrađenom digitalnom termometru.

Suva ekstruzija soje

Tehnološki postupak suve ekstruzije soje prikazan je na slici 1.

Postupak započinje transportom soje iz podnog skladišta pomoću transportnog puža (1.0) u koš ekstrudera (2.0). U košu ekstrudera nalazi se gornji pokazivač nivoa (2.1), koji isključuje transportni puž kada je koš ekstrudera napunjen, odnosno automatski ga uključuje kada se koš isprazni. U koš ekstrudera ugrađen je permanentni magnet (2.2), koji sprečava da metalni predmeti, eventualno prisutni u masi soje, dospeju u ekstruder.

Soja iz koša ekstrudera (2.0) dospeva do prvog segmenta glave ekstrudera (3.0), odakle se masa potiskuje između obloga tela segmenata ekstrudera i puža ekstrudera sa zavojnicama, suzivačima i prstenovima, prolazeći kroz zazor od 1,0-1,5 mm, ka poslednjem, četvrtom segmentu ekstrudera. Prolazeći kroz ekstruder, masa soje se usitnjava i potiskuje ka glavi ekstrudera sa mlaznicom, gde se, usled efekta trenja i smicanja, nalazi pod pritiskom od oko 40 bara. Paralelno porastu pritiska raste i temperatura mase ekstrudata, dosežući nivo od 110-138 °C u četvrtom segmentu ekstrudera. Masa ekstrudirane soje napušta

ekstruder prolaskom kroz mlaznicu glave ekstrudera, pri čemu, dosevši na atmosferski pritisak, ekspandira.

Vrela masa ekstrudata doseva u vibracioni hladnjak (4.0), na njegovu prvu spiralu, odakle se, usled vibracija, kreće spiralnom uzlaznom putanjom ka vrhu hladnjaka. Ekstrudat se hladi u intenzivnoj struji vazduha koju stvara ventilator (5.0) do izjednačenja sa temperaturom okolnog vazduha.

Ohlađeni ekstrudat iz hladnjaka odlazi u koš (6.0), odakle se transportnim pužem (7.0) transportuje u siloćeliju (9.0 i 10.0).

Punomasni ekstrudirani sojin griz se iz siloćelija, pomoću pužnih izuzimača i transportera (11.0 i 12.0), doprema na vagu za uvrećavanje (13.0), gde se vrši merenje i uvrećavanje ekstrudata.

Optimizacija procesa suve ekstruzije soje

Optimizacija procesa suve ekstruzije soje na navedenom ekstruderu vršena je u pogonu firme "Agrocompany" u Budisavi.

Period optimizacije rada ekstrudera obuhvatio je variranje radnih parametara - veličine suzivača i prstenova i dimenzije mlaznice, odnosno temperature i pritiska u poslednjem, četvrtom segmentu, do postizanja adekvatnog nivoa aktivnosti ureaze (25 uzoraka), nakon čega je usledila standardizacija režima obrade i kvaliteta finalnog proizvoda (11 uzoraka).

Radni parametri koji su rezultirali zadovoljavajućim kvalitetom ekstrudata i koji su, za kvalitet sirove soje kojom se raspolagalo, zadržani u procesu proizvodnje punomasnog ekstrudiranog sojinog griza bili su optimalni:

- Kombinacija suzivača i prstenova sa oznakama:
 - Suzivač 5 3/8",
 - Suzivač 5 3/8",
 - Suzivač sa prstenom 5" i
 - Suzivač sa prstenom 5" ;
- Dimenzija mlaznice - ϕ 2 mm;
- Temperatura četvrtog segmenta - 131-134 °C (odnosno temperatura mase ekstrudata neposredno po izlasku iz ekstrudera - 115-120 °C).

Protok ekstrudata regulisan je podešavanjem dimenzije mlaznice. Pri finalizaciji procesa optimizacije, odnosno pri dimenziji mlaznice ϕ 2 mm, vreme zadržavanja mase u ekstruderu iznosilo je 15 s. Ono je određeno ubacivanjem metilen-plavog u masu neposredno pre ulaska u ekstruder, odnosno merenjem vremena potrebnog da obojeni ekstrudat izađe iz ekstrudera.

Navedeni optimalni radni parametri procesa suve ekstruzije na ispitivanom uređaju rezultirali su kapacitetom ekstrudera od 750-800 kg/h ekstrudirane hrane.

Hemijske metode korišćene u procesu optimizacije

Osnovni hemijski sastav (vlaga, sirovi proteini, sirova mast, sirova celuloza, mineralne materije) zrna soje i punomasnog ekstrudiranog sojinog griza određen je po metodama A.O.A.C. (1984).

Sadržaj tripsin inhibitora u zrnu soje i punomasnom ekstrudiranom sojinom grizu određen je po metodi Hamerstanda i saradnika (1981).

Aktivnost ureaze u ispitivanim uzorcima određena je po metodi propisanoj Internacionalnim standardom ISO 5506 (1988).

Indeks rastvorljivosti azota (Nitrogen Solubility Index - NSI) određen je po metodi A.O.C.S. (1973).

REZULTATI I DISKUSIJA

Kvalitet sirovog zrna soje, korišćenog za ekstrudiranje na navedenom ekstruderu, prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Kvalitet sirovog zrna soje korišćenog za ekstrudiranje
Table 1. Quality of soybean grain used for extruding

Pokazatelj kvaliteta/Item	Sadržaj/Content
Vlaga/Moisture	9,19%
Sirovi proteini/Crude proteins	35,07%
Sirova mast/Crude fat	21,36%
Sirova celuloza/Crude fibre	5,01%
Mineralne materije/Mineral matters	4,94%
Aktivnost ureaze/Urease activity	8,66 mgN/g×min na 30°C
NSI	65,10%
Tripsin inhibitor/Trypsin inhibitor	42,20 mg/g

Rezultati ispitivanja kvaliteta sirovog zrna soje (tabela 1) svedoče o njegovoj konstantnosti tokom poslednjih godina kada je u pitanju soja domaćeg podneblja (Sakač i sar., 1998a; 2000), što ukazuje da će proces optimizacije rada na ispitivanom ekstruderu dovesti do podataka za optimalne radne parametre koji će, uz veliku pouzdanost, moći da se primenjuju dugoročno. Na kvalitet ekstrudata utiče, pored već navedenog kvaliteta sirovine (Estelečki, 1990; Sakač i sar., 2000), i primena procesa čišćenja soje. Naime, veoma često u pogone za obradu soje stiže sirovina sa i preko 15% nečistoća, koje, ukoliko se ne odvoje, snižavaju kvalitet ekstrudata i veoma često mogu da oštete vitalne delove ekstrudera. Iako u slučaju ispitivanja na navedenom ekstruderu nije vršeno ljuštenje soje pre puštanja mase kroz ekstruder, ono se preporučuje, obzirom na agresivnost celulozne komponente sojine ljuske, koja skraćuje vek radnih delova ekstrudera.

Variranjem tehnoloških parametara ekstrudiranja na ispitivanom ekstruderu, odnosno primenom različitih kombinacija dimenzija suzivača i prstenova, dobijeni su ekstrudati različitih nivoa aktivnosti ureaze, koji su poslužili za pronalaženje optimalnih radnih parametara postupka suve ekstruzije (tabela 2).

Tabela 2. Tehnološki parametri suvog ekstrudiranja i nivoi aktivnosti ureaze dobijenih ekstrudata

Table 2. Technological parameters of dry extruding and the urease activity levels in extrudates obtained

Broj uzorka/ Number of sample	Temperatura segmenta 4/ Temperature of segment 4 (°C)	Temperatura ekstrudata/ Temperature of extrudate* (°C)	Vlžnost ekstrudata/ Moisture of extrudates (%)	Aktivnost ureaze/ Urease activity (mg N/g×min na 30 °C)
5	113.0	-	8.30	1.63
7	119.0	-	6.72	1.50
10	123.0	-	6.17	1.12
12	125.0	-	5.75	0.89
13	127.0	-	5.64	0.67
16	130.0	115.0	5.44	0.50
20	131.3	116.5	5.25	0.36
21	134.0	119.0	5.10	0.19
22	135.3	-	4.95	0.08

- * Neposredno po izlasku iz ekstrudera/Immediately after exiting extruder

Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za hranu za životinje ("Sl. list SRJ", br. 20/2000.g., čl. 19) propisuje maksimalno dozvoljeni nivo aktivnosti ureaze u proizvodima od termički tretirane soje namenjenim ishrani životinja - 0,4 mg N/g×min na 30 °C, pri čemu se uvid u adekvatnost termičkog obrađivanja soje stiče na osnovu podataka koje navodi Monari (1994).

Promene temperature u radnom delu ekstrudera, kao posledica promena kombinacija suzivača i prstenova za sva četiri segmenta ekstrudera, rezultirala su proizvodnjom punomasnog ekstrudiranog sojinog griza različitih nivoa aktivnosti ureaze (tabela 2). Obzirom na orijentire za zadovoljavajući i standardni kvalitet proizvoda od termički tretirane soje namenjenih ishrani životinja (Monari, 1994; Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima hrane za životinje, 2000; Sakač i sar., 1998a; 2000), može se zaključiti da adekvatno vođenje postupka suve ekstruzije na ispitivanom ekstruderu podrazumeva temperaturni interval od 131-134 °C pri primeni sirove soje navedenog kvaliteta (tabela 1). Optimalni temperaturni interval do koga se došlo u procesu optimizacije rada na ispitivanom ekstruderu uporedljiv je sa podacima iz literature - 130-150 °C (Estelečki, 1990), odnosno 123-177 °C (Hu i sar., 2000).

Postupak suve ekstruzije bitno je jednostavniji od postupka ekstruzije soje sa prethodnim kondicioniranjem (Sakač i sar., 2000), jer se, praktično, samo variranjem temperature materijala u telu

ekstrudera utiče na kvalitet ekstrudata, pri, naravno, konstantnom kvalitetu sirovine. To, dakle, znači da temperatura materijala pri suvoj ekstruziji nije samo najvažniji parametar koji utiče na redukciju aktivnosti ureaze, odnosno sadržaja tripsin inhibitora (Furuichi i sar., 1989; Van der Poel, 1990; Horvath i Czukur, 1993) nego i jedini koji se prati, što favorizuje primenu postupka suve ekstruzije. Ovakav postupak obradivanja sirove soje je jednostavan za vođenje u odnosu na druge vrste ekstruzije, a sa druge strane, obzirom na efikasno korišćenje energije, mogućnost bolje kontrole procesa i veće proizvodne kapacitete (Reimerdes, 1990), mogao bi se svrstati u vrh liste izbornih mogućnosti kada je soja u pitanju.

Podaci za sadržaj vlage sirove soje (tabela 1) i finalnih ekstrudata (tabela 2) svedoče o promenama, odnosno snižavanju sadržaja ovog pokazatelja kvaliteta tokom postupka suve ekstruzije, obzirom na gubitke ostvarene delimičnim isparavanjem. Niži sadržaji vlage finalnih ekstrudata proizvedenih postupkom suve ekstruzije (5-6%) jedna su od karakteristika ovog načina obrade soje, koja ga čini različitim od postupka ekstruzije sa prethodnim kondicioniranjem, nakon koga vlaga finalnog ekstrudata iznosi 10-11% (Sakač i sar., 2000). Poznavanje sadržaja vlage sirove soje od velikog je značaja za vođenje procesa suve ekstruzije, jer je on, pre svega, u neposrednoj vezi sa redukcijom sadržaja antinutritienata. Ukoliko je sadržaj vlage sirovine niži, temperatura mase koja se ostvari u radnom delu ekstrudera je, uz nepromenjene radne parametre, viša, pa je, shodno tome, snižavanje sadržaja antinutritienata efikasnije (Das i sar., 1992). Postoji, takođe, korelacija između sadržaja vlage i nivoa ekspanzije ekstrudata, kao i kapaciteta ekstrudera. Niski sadržaj vlage sirovine obezbeđuje proizvod povećane ekspanziranosti (Das i sar., 1992), a utiče i na postizanje većeg kapaciteta pri radu ekstrudera. Tako je, na primer, postupkom suve ekstruzije na ispitivanom ekstruderu ostvaren kapacitet od 750-800 kg/h prerađene soje sadržaja vlage 9,19%, pri čemu se kapacitet snižavao sa povećanjem sadržaja vlage sirovine. S obzirom da je ispitivani ekstruder namenjen preradi 1000 kg/h soje, postignuti kapacitet pri preradi soje je nizak, pogotovo ako se uzme u obzir da sadržaj vlage sirove soje često iznosi 10-12%.

Temperature ekstrudata neposredno po izlasku iz ekstrudera (115-120 °C - tabela 2), kao i saznanje o postignutom kapacitetu, upućuju na potrebu za proračunom količine vazduha potrebnog za hlađenje mase ekstrudata do izjednačenja njene temperature sa temperaturom okolnog vazduha, odnosno opredeljuju izbor hladnjaka za liniju suvog ekstrudiranja. Vertikalni vibracioni hladnjak isporučen od strane proizvođača ispitivane opreme nije uspeo da ostvari zahteve za hlađenje ekstrudata, jer je temperatura punomasnog ekstrudiranog sojinog griza iznosila 43-50 °C po izlasku iz hladnjaka pri temperaturi okolnog vazduha od 23 °C.

Poštujući podatke do kojih se došlo tokom procesa optimizacije postupka suve ekstruzije na ispitivanom ekstruderu (tabela 2), opredeljenje u proizvodnji punomasnog ekstrudiranog sojinog griza na $t = 131-134$ °C rezultiralo je zadovoljavajućim i standardnim kvalitetom finalnog proizvoda (tabela 3).

Tabela 3. Kvalitet finalnog proizvoda - punomasnog ekstrudiranog sojinog griza

Table 3. Quality of final product - full-fat extruded soybean grits

Pokazatelj kvaliteta/Item	Sadržaj/Content
Vlaga/Moisture	5,18%
Sirovi proteini/Crude proteins	35,16%
Sirova mast/Crude fat	22,17%
Sirova celuloza/Crude fibre	5,17%
Mineralne materije/Mineral matters	5,02%
Aktivnost ureaze/Urease activity	0,34 mgN/g×min na 30 °C
NSI	23,56%
Tripsin inhibitor/Trypsin inhibitor	3,64 mg/g

Punomasni ekstrudirani sojin griz, proizveden pri optimalnom režimu obrade, odlikuje zadovoljavajući sadržaj tripsin inhibitora - 3,64 mg/g (tabela 3), obzirom da se interval od 2-5 mg/g tripsin inhibitora smatra rezultatom adekvatno vođenog termičkog procesa obrade sirove soje (Monari, 1994).

Indeks rastvorljivosti azota (NSI) punomasnog ekstrudiranog sojinog griza (tabela 3), koji opada sa porastom temperature ekstrudiranja (Gutkoski i Atia-El-Dash, 1999), ukazuje, takođe, da je primenjeni režim suvog ekstrudiranja bio optimalan i rezultirao dobijanjem hraniva zadovoljavajućeg kvaliteta. Ovakav zaključak proističe iz navoda Holmesa (1988), po kome se u oceni tretmana nivo NSI od 12,5% smatra rezultatom primene preagresivnog tretmana, a nivo NSI od 25,1% rezultatom optimalnog tretmana. Promene vrednosti NSI uslovljene su, pre svega, promenama na aminokiselinama koje sadrže sumpor - stvaranje S-S veza i umrežavanja (Marsman i sar., 1995; 1998; Alonso i sar., 2000). Iako se, kada su aminokiseline u pitanju, tokom suve ekstruzije ne dešavaju značajnije promene u sadržaju lizina i triptofana (Furuichi, 1989; Hu i sar., 2000), pogotovo kada je vreme boravka mase u ekstruderu kratko.

ZAKLJUČAK

Optimizacija postupka suve ekstruzije sirovog zrna soje na uređaju "Oprema-zootehnička oprema", tip M2, model 1000 (Ludbreg, Hrvatska) dovela je do podataka za optimalni radni temperaturni nivo četvrtog segmenta ekstrudera - 131-134 °C, postignut pri korišćenju odgovarajuće kombinacije suzivača i prstenova ekstrudera, pri kome se dobija punomasni ekstrudirani sojin griz zadovoljavajućeg i standardnog kvaliteta.

LITERATURA

- [1] Alonso, R., Grant, G., Dewey, P., Marzo, F.: Nutritional assessment in vitro and in vivo of raw and extruded peas (*Pisum sativum* L.), *J. Agr. Food Chem.*, 48(2000), 6, 2286-2290.
- [2] American Oil Chemists' Society (A.O.C.S.): Official and Tentative Methods, Ba 11-65, Nitrogen Solubility Index (NSI), Champaign, Illinois, 1987.
- [3] Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.): Official Methods of Analysis, 14th ed., Washington, DC, 1984.
- [4] Böhm, H., Täufel, A.: Protein-inhibitoren hydrolytischer Enzyme in nahrungspflanzen, Teil I. *Ern-Umschau.*, 40(1993), 331-334.
- [5] Božović, I.: Aktivnost tripsin inhibitora i hemaglutinina u sirovom i mikroniziranom sojinom zrnju, III Simpozijum tehnologija stočne hrane, Zbornik radova, Divčibare, 1990.
- [6] Božović, I., Bekrić, V.: Uticaj procesa mikronizacije sirovog sojinog zrna na sadržaj i sastav proteina, IV Simpozijum tehnologija stočne hrane, Zbornik radova, Divčibare, 1991. 27-37.
- [7] Das, H.K., Lambrev, A., Te, J.H., Akterian, S., Tantehev, S.: Response surface modelling of extrusion texturing of defatted soya grits, *J. Food Sci. Technol., India*, 29(1992), 3, 141-146, 1992.
- [8] Estelecki, I.: Razrada metodologije za procenu kvaliteta punomasnog ekstrudiranog sojinog griza, Magistarska teza, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, 1990.
- [9] Furuichi, Y., Kubota, Y., Sugiura, Y., Umekawa, H., Takahashi, T., Kouno, S.: Effects of low-moisture extrusion cooking on the chemical composition and nutritional value of whole soybeans, *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, 42(1989), 2, 165-172.
- [10] Gutkoski, L.C., Atia-El-Dash, A.: Effects of extrusion variables on functional and nutritional properties of extruded oat products, *J. Food Sci. Nutr.*, 4(1999) 3, 159-162.
- [11] Hamerstand, G.E., Black, L.T., Glover, J.D.: Trypsin inhibitors in soy products: modification of the standard analytical procedure, *Cereal Chem.*, 58(1981), 42-45.
- [12] Hanson, L.J.: Expected animal response to the quality of full fat soya, *Proceedings of the 2nd International Fullfat Soya Conference*, Budapest, 1996. pp. 83-89.
- [13] Herkelman, K.L., Cromwell, G.L., Stahly, T.S.: Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybeans for chicks, *J. Anim. Sci.*, 69(1991), 4477-4486.
- [14] Holmes, B.: Komercijalna proizvodnja, primjena i iskorištavanje punomasne soje, *Krmiva*, 30(1988), 11-12, 217-226.
- [15] Horvath, E., Czukur, B.: Effect of extrusion temperature and initial moisture content on the protein solubility and distribution in full fat soybean, *Acta Aliment.*, 22(1993), 2, 151-167.

- [16] Horvath, E., Petres, J., Gelencser, E., Czukor, B.: Effect of extrusion temperature on physico-chemical properties and biological value of soybean-protein, *Acta Aliment.*, 18(1989), 3, 299-311.
- [17] Hu, R., Kuhn, M., Seibel, W., Seiler, K.: Influence of raw material and HTST-extrusion cooking on nutritional and functional properties of extrudates by use of statistical methods, *Getreide, Mehl und Brot*, 54(2000), 1, 45-47.
- [18] Hu, R., Seibel, W., Kuhn, M., Seiler, K.: Deactivation of the trypsin inhibitors in soy extrudates with and without added cereals, *Getreide, Mehl und Brot*, 50(1996), 6, 373-379.
- [19] International Standards Organization (ISO): International Standard 5506: Soya Bean Products - Determination of Urease Activity, ISO, Geneva, 1988.
- [20] Jansen, H.D.: Extrusion cooking for mixed feed processing, *Advan. Feed Technol.*, 5(1991), 58-66.
- [21] Jovanović, R., Adamović, M., Bekrić, V., Sretenović, Ij., Stoičević, Lj., Božović, L.: Uticaj ekstrudiranja zrna soje sa različitim sadržajem tripsin inhibitora na proizvodne performanse teladi, VIII Savetovanje tehnologije stočne hrane "Tehnologija proizvodnje stočne hrane u službi ekologije", Zbornik radova, Petrovac na moru, 1998. 120-127.
- [22] Karanović, M.: Prerada sojinog zrna postupkom suvog ekstrudiranja, *Revija Agronomska saznanja*, 3, 1996, 52-54.
- [23] Liener, I.E.: Factors affecting the nutritional quality of soya products, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 58(1981), 406-415.
- [24] Liener, I.E., Kakade, M.L.: *Protease Inhibitors, Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*, Academic Press, New York, 1980.
- [25] Marsman, G.J.P., Gruppen, H., Groot, J. de, Voragen, A.G.J.: Effect of toasting and extrusion at different shear levels on soy protein interactions, *J. Agr. Food Chem.*, 46(1998), 7, 2770-2777.
- [26] Marsman, G.J.P., Gruppen, H., Zuilichem, D.J. van, Resink, J.W., Voragen, A.G.J.: The influence of screw configuration on the in vitro digestibility and protein solubility of soybean and rapeseed meals, *J. Food Eng.*, 26(1995), 1, 13-28.
- [27] Monari, S.: *Full-fat Soya Handbook*, American Soybean Association, Brussels, 1994.
- [28] Petres, J., Márkus, Zs., Gelencsér, É., Bogár, Zs., Gajzágó, L., Czukor, B.: Effect of dielectric heat treatment on protein nutritional values and some antinutritional factors in soya bean, *J. Sci. Food Agr.*, 53(1990), 35-41.
- [29] Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za hranu za životinje, *Sl. list SRJ*, 20(2000), 1-31.
- [30] Rand, N.T., Cier, D., Viola, S.: Israeli experience with full fat soybeans, *Proceedings of the 2nd International Fullfat Soya Conference*, Budapest, 1996. pp. 311-323.
- [31] Reimerdes, E.H.: New impact for food science and food industry - view from outside, Zeuthen, P., Cheftel, J.C., Eriksson, C., Gormley, T.R., Linko, P., Paulus, K. (eds.), *Processing and Quality of Foods. Vol. 1 High Temperature/Short Time (HTST) Processing: Guarantee for High Quality Food with Long Shelflife*, Elsevier Applied Science, London, 1990. pp. 1.4-1.11.
- [32] Sakač, M., Filipović, S., Ristić, M., Kormanjoš, Š.: Tehnološki postupak ekstrudiranja soje na uređaju "Miltenz" tip 501-SP, *PTEP - Časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, Novi Sad, 4(2000), 3-4, 64-68.
- [33] Sakač, M., Ristić, M., Šuragić, O.: Kontrola kvaliteta proizvoda od termički tretiranog zrna soje, VIII Savetovanje tehnologije stočne hrane "Tehnologija proizvodnje stočne hrane u službi ekologije", Zbornik radova, 111-119, Petrovac na moru, 1998a.
- [34] Sakač, M., Ristić, M., Levic, J.: Effects of microwave heating on the chemico-nutritive value of soybeans, *Acta Aliment.*, 25(1996), 2, 163-169.
- [35] Sakač, M., Stefanovski, M., Vlahović, M.: Biološko-ekonomski aspekt hidrotermičke obrade zrna soje, VIII Savetovanje tehnologije stočne hrane "Tehnologija proizvodnje stočne hrane u službi ekologije", Zbornik radova, Petrovac na moru, 1998b. 128-137.
- [36] Smoje, I., Ereg, D., Sadžakov, S., Predin, S.: Novi aspekti proizvodnje i primene ekstrudiranih hraniva, VI Savetovanje tehnologije stočne hrane "Tehnologija proizvodnje u službi kvaliteta", Zbornik radova, Budva, 1996. 69-81.
- [37] Tsukamoto, C., Shimada, S., Igita, K., Kudou, S., Kokubun, M., Okubo, K., Kitamura, K.: Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: changes in isoflavones, saponins and composition of fatty acids at different temperatures during seed development, *J. Agr. Food Chem.*, 43(1995), 1184-1192.
- [38] Van der Poel, A.F.B.: Legume seeds: effects of processing on antinutritional factors and nutritional value for non-ruminant feeding, *Advan. Feed Technol.*, 4(1990), 22-36.
- [39] Van der Poel, A.F.B.: *Expander Processing of Animal Feeds*, Feed Processing Centre, Wageningen, 1997.
- [40] Verheul, J.A.: Sallmonela-free production, *Cebeco Con. Engin. Inform.*, 7(1997), 7-8.
- [41] Vohra, P., Kratzer, F.H.: Evaluation of soybean meal determines adequacy of heat treatment, *Feedstuffs*, 1991. 22-28.
- [42] Wang, N., Lewis, M.J., Brennan, J.G., Westby, A.: Effect of processing methods on nutrients and antinutritional factors in cowpea, *Food Chem.*, 58(1997), 59-68.
- [43] Zhou, J.R., Erdmann, J.W.: Phytic acid in health and disease, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 35(1995), 495-508.

Primljeno: 18.03.2001.

Prihvaćeno: 29.03.2001.

Bibliid: 1450-5029 (2001) 5; 1-2, p. 34-38
UDK: 631.57; 678.049.4; 633.88

Pregledni stručni rad
Review professional paper

PROIZVODNJA I PRIMENA ETARSKIH ULJA IZ DOMAĆEG LEKOVITOG BILJA

PRODUCTION AND APPLICATION OF ESSENTIAL OILS FROM THE DOMESTIC MEDICINAL PLANT

Dr Milan SOVILJ*, Momčilo SPASOJEVIĆ, dipl. ing. **

* Tehnološki fakultet, 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, ** Fakultet tehničkih nauka, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 5
E-mail: miso@uns.ns.ac.yu

REZIME

U ovom radu je dat prikaz raspoloživog domaćeg lekovitog bilja koje se može koristiti za proizvodnju etarskih ulja. Kritički su analizirani tehnološki postupci za dobijanje etarskih ulja iz domaćih sirovina. Navedene su i neke od mogućnosti primene etarskih ulja u medicini, kozmetičkoj i prehrambenoj industriji. Konačno, dat je predlog relativno jednostavnog uređaja za destilaciju vodenom parom, kao optimalnog postrojenja za dobijanje etarskih ulja iz biljnog materijala.

Ključne reči: lekovito bilje, etarska ulja, destilacija, ekstrakcija