

Procjena kvalitete soje i sojinih proizvoda i njihove primjene u hranidbi



Marija Berendika*, Gabrijela Krivec, Tihomir Zglavnik
i Marijana Sokolović

Sažetak

Soja je jedan od najkvalitetnijih izvora biljnih proteina u proizvodnji hrane za životinje. Prerodom zrna soje dobivaju se proizvodi koji se koriste i za prehranu ljudi, a i kao sirovina u prehrambenoj, kemijskoj i farmaceutskoj industriji. Kvalitetan uzgoj soje ovisi o brojnim faktorima kao što su: odgovarajuće tlo, svjetlo, vlaga i izbor sorte; soja je i dobar izvor bjelančevina, ulja, ugljikohidrata, minerala (kalija, fosfora, sumpora, kalcija, željeza, magnezija, natrija i dr.), vitamina, esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina. U sojinom zrnu prisutne su antinutritivne tvari (termolabilne i termostabilne) koje nisu probavljive i/ili negativno utječu na probavu i prouzročavaju sporiji rast životinja. Pravilnom tehnološkom obradom soje antinutritivne tvari se mogu potpuno i/ili djelomično inaktivirati. Laboratorijskim analizama moguće je utvrditi je li obrada pravilno provedena i jesu li vrijednosti antinutrijenata u odgovarajućem rasponu. Analizom uzoraka soje i proizvoda iz soje u Laboratoriju za analitiku stočne

hrane, Podružnice Centar za peradarstvo, Hrvatskog veterinarskog instituta uočena su odstupanja u hranidbenom sastavu s obzirom na podrijetlo uzoraka koji nije uvijek naveden na dostavljenim uzorcima i/ili ne odgovara deklaraciji uzoraka (ako je dostupna), s obzirom na vrijednosti u tabelama kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krmiva. Uzorcima su određeni osnovni kemijski parametri uključujući i mineralni sastav, vlaga, pepeo, sirova mast, sirova vlakna, sirove bjelančevine, šećer, topivost bjelančevina u 0,2 % - tnoj kalijevoj lužini, minerali (Ca, P, Na, Mn, Cu, Zn, Fe, Mg, K), kloridi topivi u vodi, tripsin inhibitor i ureaza, primjenom standardnih analitičkih metoda. Cilj je ovog istraživanja bio usporediti kvalitetu soje i proizvoda od soje (hranidbeni sastav) iz različitih izvora koji su dostupni u Republici Hrvatskoj i procijeniti njihovu potencijalnu primjenu u hranidbi životinja.

Ključne riječi: soja, hrana za životinje, antinutrijenti

Marija BERENDIKA*, dipl. ing. preh. teh., stručna suradnica (dopisni autor, e-mail: marija.berendika@gmail.com), dr. sc. Gabrijela KRIVEC, dr. med. vet., vanjska suradnica, Tihomir ZGLAVNIK, dr. med. vet., viši stručni suradnik, dr. sc. Marijana SOKOLOVIĆ, dr. med. vet., viša znanstvena suradnica, Centar za peradarstvo, Hrvatski veterinarski institut, Zagreb, Hrvatska

Uvod

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) predstavlja jednu od najvažnijih bjelančevinastih i uljnih kultura u svijetu. Ona je stara ratarska kultura uzgajana više od četiri tisuće godina i stoljećima je bila glavni izvor hrane narodima Dalekog istoka (Japan, Kina, Indija i dr.). Izgradnjom tvornica za preradu sojina zrna u 20. stoljeću, postaje trgovačka roba i danas je vodeća uljna i bjelančevinasta kultura koja se koristi za prehranu i ljudi i životinja i u industrijske svrhe (Vratarčić i Sudarić, 2008.).

Soja se u preradi može iskoristiti 100% što je čini jednim od najkvalitetnijih izvora biljnih proteina za ishranu svih vrsta domaćih životinja. Preradom sojinog zrna dobivaju se ulje i drugi proizvodi (sačma, pogača, brašno, teksturirani bjelančevinasti koncentri, izolati proteina soje) s 38-95 % bjelančevina, koji se koriste za prehranu ljudi, ishranu domaćih životinja i kao sirovina u prehrambenoj, kemijskoj i farmaceutskoj industriji.

Sve zemlje koje imaju uvijete za proizvodnju soje nastoje unaprijediti i proširiti njezinu proizvodnju, tako da je soja i u današnje vrijeme, važna ekonomska i politička kultura.

Vodeće zemlje u proizvodnji soje u razdoblju od 2012. do 2022. godine su: Brazil, Sjedinjene Američke Države, Argentina, Kina, Indija, Paragvaj, Kanada. Brazil je na prvom

mjestu u proizvodnji soje od 2020. godine s proizvodnjom od oko 138 milijuna metričkih tona u 2020./2021. godini (Statista, 2022.).

U Republici Hrvatskoj proizvodnja merkantilne, sjemenske i soje za stočnu hranu u zadnjih pet godina iznosi nešto više od 200 000 tona, a zasijana površina kreće se od oko 80 000 ha (Državni zavod za statistiku, 2022.) (tabela 1).

Značenje i važnost soje proizlazi iz sastava zrna koje, ovisno o sorti i uvjetima uzgoja, sadrži veliki udio bjelančevina (35-50 %) i ulja (18-24 %). Komercijalne sorte u zrnu imaju prosječno 40 % bjelančevina, 20-22 % ulja, 34 % ugljikohidrata i oko 5 % pepela minerala kalija, fosfora, sumpora, kalcija, željeza, magnezija i natrija. Od vitamina topljivih u mastima najzastupljeniji su vitamin E i vitamin A, a u manjoj količini vitamin D i vitamin K. Najzastupljeniji predstavnici vitamina topljivih u vodi u soji su: vitamini B-kompleksa - niacin (vitamin B₃), pantotenska kiselina (vitamin B₅), tiamin (vitamin B₁) i piridoksin (vitamin B₆), a manjim udjelom folna kiselina (vitamin B₉), riboflavin (vitamin B₂) i biotin (vitamin 7). Bjelančevine iz zrna soje bogate su esencijalnim (lizin, histidin, treonin, fenilalanin, triptofan, valin, metionin i izoleucin) i neesencijalnim (arginin, serin i cistin) aminokiselinama, zbog čega

Tabela 1. Ostvarena proizvodnja soje u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2017. – 2021.

Godina	Ostvarena proizvodnja soje u R. Hrvatskoj (uključeni su podaci za merkantilnu, sjemensku i soju za stočnu hranu)		
	Površina (tis. ha)	Prirod po ha (t)	Ukupno (tis. t)
2017.	85	2,4	208
2018.	77	3,2	246
2019.	79	3,1	246
2020.	86	3	266
2021.	87	3	228

su najslabije bjelančevinama životinjskog podrijetla, a to im daje visoku biološku vrijednost (Vratarić i Sudarić, 2000.).

Zasićene masne kiseline koje su najviše zastupljene u sojinu ulju su: palmitinska i stearinska, a u manjem udjelu miristinska, arahidonska, laurinska i behenska. Od nezasićenih masnih kiselina najviše su zastupljene linolna i oleinska, a u manjem udjelu linolenska, palmitooleinska i eikozenska (Simić, 1995.).

U sojinom su zrnu prisutne antinutritivne tvari (termolabilne i termostabilne): različiti enzimi, kao npr. inhibitori proteaza (tripsin inhibitor i kimotripsin inhibitor), lektini, saponini i druge.

One nisu probavljive i/ili negativno utječu na probavu i prouzroče sporiji rast životinja. Budući da se toplinskom obradom soje navedeni spojevi mogu u potpunosti ili djelomično inaktivirati, kemijskim analizama potrebno je utvrditi je li ta obrada pravilno provedena i jesu li vrijednosti antinutrijenata u preporučenom udjelu.

Da bi se isplanirala dnevna potreba životinja za hranjivim sastojcima, osim poznavanja koliko ih određena životinja treba, potrebno je poznavati i hranjivu vrijednost pojedinog krmiva, odnosno ukupan sadržaj iskoristivih hranjivih tvari koje životinja može iskoristiti u jedinici mase krmiva. Ovisno o vremenskim uvjetima, plodnosti tla, gnojidbi, klimi, bolestima, načinu prerade i uvjetima čuvanja krmiva, količine hranjivih tvari u njima mogu odstupati s obzirom na vrijednosti u tabelama kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krmiva. Određivanjem kemijskog sastava krmiva i gotove hrane za životinje (vlaga ili voda, sirovi pepeo, sirove bjelančevine, sirova vlakna, sirove masti i nedušične ekstraktivne tvari) kao i analizom sadržaja ostalih hranjivih tvari (vitamini, minerali, aminokiseline, masne kiseline i sl.) možemo dobiti potpuniju sliku stvarne hranjivosti pojedinog krmiva koje koristimo za hranidbu životinja (Grbeša, 2004.).

Cilj je ovog istraživanja anketno istražiti podrijetlo soje i proizvoda od soje dostupnih na području Republike Hrvatske i analizom osnovnog kemijskog sastava (uključujući udio minerala) i udjela antinutritivnih tvari procijeniti kvalitetu krmiva.

Materijali i metode

Proizvođačima hrane za životinje uputili smo anketu da bismo utvrdili podrijetlo soje i proizvoda od soje koje koriste. Od ukupno poslanih 38 anketa, odgovor i uzorke soje poslalo je sedam ispitanika (18,42 %). U svih 20 dostavljenih uzoraka analiziran je hranidbeni sastav primjenom standardnih analitičkih metoda, da bi se mogla provjeriti i/ili dokazati ujednačenost kvalitete s obzirom na podrijetlo i sastav i/ili tehnološku obradu soje. U istraživanju su analizirana četiri uzorka zrna soje, 11 uzoraka sojine sačme, četiri uzorka tostirane soje i jedan uzorak sojine pogače.

Ovisno o zahtjevima pojedine metode uzorci su uzorkovani, homogenizirani i samljeveni na mlinu Retsch ZM 200 (Retsch GmbH, Njemačka). Reprezentativni su uzorci nakon usitnjavanja odmah analizirani. Za određivanje kemijskog sastava uzoraka korištene su standardne validirane metode: određivanje vode i udjela drugih hlapljivih tvari u stočnoj hrani (HRN ISO 6496:2001), određivanje pepela u stočnoj hrani (HRN ISO 5984:2004; HRN ISO 5984:2004/Ispr.1:2016), određivanje udjela masti u stočnoj hrani (HRN ISO 6492:2001), određivanje udjela sirovih vlakana u stočnoj hrani (HRN EN ISO 6865:2001), određivanje količine dušika i izračunavanje količine sirovih proteina u hrani za životinje (HRN EN ISO 5983-1:2008; HRN EN ISO 5983-1:2008/Ispr.1:2011; HRN EN ISO 5983-2:2010), određivanje šećera (Nelson-Somogyi), određivanje topljivih bjelančevina u proizvodima od soje u 0,2 %-tnoj otopini kalijeve lužine (HRN EN ISO 14244:2016), određivanje sadržaja kalcija,

bakra, željeza, magnezija, mangana, kalija, natrija i cinka u hrani za životinje metodom AAS-a (HRN ISO 6869:2001), određivanje udjela fosfora u hrani za životinje (HRN ISO 6491:2001), određivanje u vodi topljivih klorida (ISO 6495-1:2015).

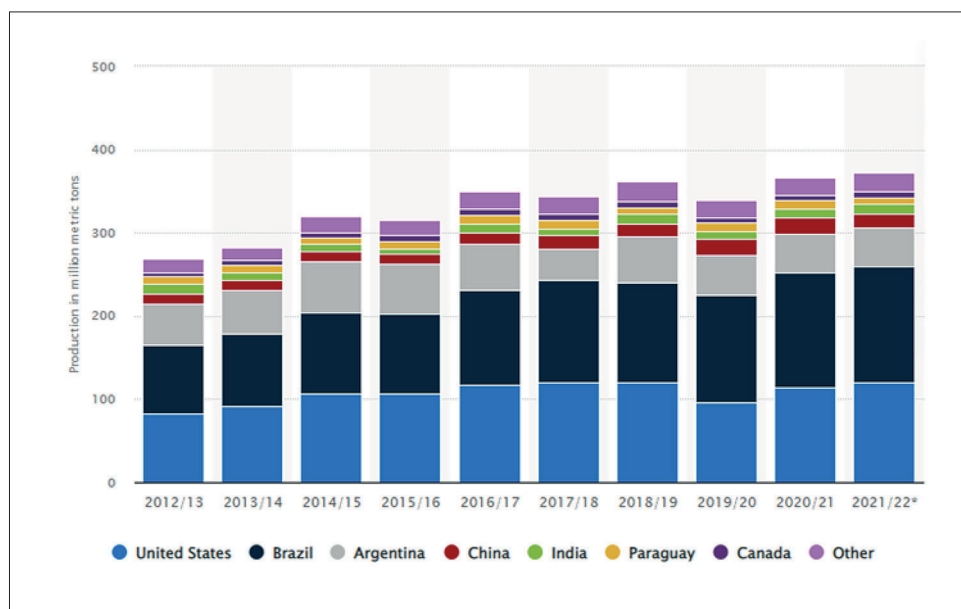
Antinutritivne tvari određene su metodama: određivanje aktivnosti ureaze u soji i proizvodima od soje (ISO 5506:2018) i određivanje aktivnosti inhibitora tripsina u proizvodima od soje (HRN EN ISO 14902:2004). Dobivene rezultate usporedili smo sa standardnim tabelama kemijskog sastava pojedinih uzoraka krmiva (Grbeša, 2004.), odnosno s podacima navedenih u deklaraciji (ako su bili dostupni!).

Rezultati i rasprava

Prema analizi ankete, podrijetlo analiziranih uzoraka najvećim je udjelom bilo iz Brazila (pet uzoraka; 25 %), zatim slijede Hrvatska (tri uzorka; 15 %), Argentina (dva

uzorka, 10 %), Italija i Srbija s po jednim uzorkom (5 %), dok je osam uzoraka (40 %) bilo nepoznatog podrijetla.

Po površini, soja u Hrvatskoj predstavlja treću ratarsku kulturu, a karakterizira ju pozitivan smjer u porastu zasijanih površina. Tome su pridonijele primijenjene tehnologije proizvodnje, kvalitetni izbor sortimenta, stabilne i visoke cijene sirovina i otkupa te sustav poticaja i potpora. Prednost proizvodnje soje u Republici Hrvatskoj je i ta što je sva proizvedena soja podrijetlom od genetski nemodificiranih (non-GM) sorti i kao takva je poželjna za ekološku proizvodnju i izvoz na probirljiva tržišta koja odbijaju uporabu sirovina GM podrijetla. Iako su trenutne količine uzgoja soje u Republici Hrvatskoj zanemarive u usporedbi sa svjetskom proizvodnjom, u Europskoj uniji je druga po sjemenskoj proizvodnji soje. Povećanje proizvodnje u Republici Hrvatskoj moglo bi zadovoljavajuće utjecati na potrebe domaće proizvodnje i smanjenje



Slika 1. Vodeće zemlje u proizvodnji soje u razdoblju od 2012. – 2022. godine (Statista, 2022.)

uvoza soje. Najzastupljenije su sorte soje na tržištu u Republici Hrvatskoj podrijetlom iz Poljoprivrednog instituta Osijek (Mara, Sanda, Ema, Seka, Sanja, Sonja, Sunce, OS Nevena, OS Đurđica) (Andrijanić i sur., 2022.).

Prema Statista platformi (Statista, 2022.) koja statistički analizira podatke iz cijeloga svijeta, Sjedinjene Američke Države su bile vodeći proizvođač soje u količini od 120.52 milijuna metričkih tona u 2018./2019. godini. Ali od svibnja 2020. godine, Brazil je preuzeo vodeće mjesto kao najveći svjetski proizvođač soje u količini od oko 138 milijuna metričkih tona u 2020./2021. godini (Slika 1.). Ostale zemlje koje proizvode soju, ali u puno manjim količinama od Brazila i SAD-a su: Argentina, Kina, Indija, Paragvaj, Kanada i druge.

Iako je soja, u prvom redu, bjelančevinasta kultura, s navedenom količinom proizvodnje ona je važna uljna kultura i daleko je među vodećim uljnim kulturama po proizvodnji u svijetu. Prema Izvješćima Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA, 2022.) u svijetu je proizvodnja palminog ulje i dalje biljno ulje koje se najviše proizvodi, a slijede ga sojino ulje, ulje uljane repice i suncokretovo ulje.

Analizom osnovnog kemijskog sastava uzoraka sojinog zrna, sojine sačme, tostirane soje i sojine pogače uočeno je da dobivene vrijednosti ne odstupaju znatnije od vrijednosti navedenih u tabeli prosječnih kemijskih sastava krmiva (Grbeša, 2004.) (tabela 2. i tabela 3.). Uočena manja odstupanja mogla bi se objasniti karakteristikama različitih sorti soje i uvjetima uzgoja, koja nismo u mogućnosti utvrditi budući da u većini slučajeva te podatke tvrtke koje su sudjelovale u istraživanju nisu imale.

Dosadašnja su istraživanja pokazala da je za uspješan uzgoj soje nužno osigurati odgovarajuće tlo, svjetlo, vlagu i izbor sorte; sorta ima genetički potencijal rodosti, a ekološki činitelji određuju u kojoj će mjeri genetički potencijal rodosti biti realiziran (Vratarić i Sudarić, 2008.). Kvalitetno sjeme

preduvjet je i visokog uroda soje. Najbolji se rezultati postižu uporabom sjemena iz kontrolirane proizvodnje praćeno certifikatom o kvaliteti, u skladu s propisima u sjemenarstvu (NN 133/1999). Deklaracija garantira sortu i kategoriju, zdravstveno stanje, čistoću, klijavost, uporabnu vrijednost i da u sjemenu nema korova.

Pretpostavlja se da na hranidbeni sastav pri uzgoju ove uljarice utječu genotipske karakteristike i okolišni uvjeti, dok na kvalitetu proizvoda od soje utječu postupci prerade (Dozier i Heiss, 2011.). Bakterizacija sjemena soje prije sjetve bakterijama *Bradyrhizobium japonicum* spp. posebno je značajna na tlima gdje ranije nije uzgajana soja ili nije sijana duže razdoblje (tri do pet godina). Procjenjuje se da na takav način soja može fiksirati i do 100-300 kg/ha dušika (Vratarić i Sudarić, 2008.). Soja, zajedno s bakterijom *Bradyrhizobium japonicum* čini simbiozu koja je osjetljiva na „stres“, odnosno nepoželjne prirodne uvjeta za rast (poplave, suša, kiselost tla, nedovoljno organske tvari i sl.), a karakteristična po tome što bakterije *B. japonicum* imaju sposobnost fiksiranja atmosferskog dušika koji soja koristi za svoj rast (Long, 2001., Salvagioti i sur., 2008., Miransari, 2011., Miransari i sur., 2013.).

Karr-Lilienthal i sur. (2004.) uspoređivali su kemijski sastav i količinu proteina u soji iz pet vodećih zemalja koje proizvode soju (Brazil, SAD, Argentina, Kina i Indija). Mineralni sastav ukazao je da u uzorcima zrna soje iz Indije ima nešto više magnezija (Indija: 4200-4300 mg/kg; ostale zemlje: 2700-3500 mg/kg) i kalcija (Indija: 0,32-0,35 %; ostale zemlje: 0,23-0,31 %) nego u uzorcima iz ostalih zemalja. Nadalje, udio željeza u ispitivanim uzorcima je bio u rasponu od 90,8-388,0 mg/kg, dva uzorka iz Indije s gotovo dvostrukom razlikom, 199,4 mg/kg i 388,0 mg/kg. U ostalim uzorcima nisu zabilježena velika odstupanja za minerale, ali može se zaključiti da na udio minerala u soji između istraživanih zemalja najvjerojatnije

utječe i genetsko podrijetlo biljke i okolišni uvjeti uključujući i sastav tla. Prema istom istraživanju, udio se sirovih bjelančevina kretao od 37,1 % (SAD) do 44,9 % (Kina). U uzorcima zrna soje koje smo analizirali, količina sirovih bjelančevina kretala se od 33,38 % do 35,16 %, ali, nažalost podatci o podrijetlu zrna soje nisu bili poznati.

Analizom antinutritivnih tvari u našem istraživanju u uzorcima sojinog zrna, sojine sačme, tostirane soje i sojine pogače uočeno je odstupanje u analiziranim parametrima kod uzorka tostirane soje podrijetlom iz Brazila. Vrijednost ureaze za navedeni uzorak iznosi 9,70 mg N/g/min, dok je aktivnost tripsin inhibitora bila 26,68 mg/g. Dobiveni podatci mogli bi ukazivati na neodgovarajući proces tostiranja soje (tabela 4.).

Usprkos brojnih prednosti, sirovo sojino zrno, zbog spomenutih antinutritivnih tvari, nije prikladno za hranidbu domaćih životinja. U sojinom zrnu prisutne antinutritivne tvari (termolabilne i termostabilne) nisu probavljive i/ili negativno utječu na probavu i prouzroče sporiji rast životinja: enzimi (ureaza, peroksidaze, proteaze, lipoksigenaze, lipaze i dr.), inhibitori proteaza (vežu i inaktiviraju probavne enzime gastrointestinalnog trakta životinje) tripsin inhibitor i kimotripsin inhibitor, lektini (hemoaglutinini), saponini, gointrogeni, fitoestrogeni, stahioze i rafinoze, alergeni, pektini, mikotoksini i oligosaharidi (Zhang i Parsons, 1993.). Od navedenih, najznačajniji su inhibitori proteaza i to: Kunitz-ov inhibitor i Bowman-Birk-ov inhibitor. Kunitz-ov inhibitor ima molekulsku masu od oko 21,5 kDa, građen je od dvije disulfidne veze i ima sposobnost inhibiranja tripsina. Bowman-Birk-ov inhibitor ima molekulsku masu od oko 8 kDa, veći broj disulfidnih veza i sposobnost inhibiranja kimotripsina i tripsina (Mohan i sur., 2016.). Stoga se sojino zrno prije upotrebe termički obrađuje tostiranjem, ekstrudiranjem ili kuhanjem. Navedeni postupci termičke obrade soje inaktiviraju

antinutritivne tvari i dobiva se proizvod bogat uljem, bjelančevinama i esencijalnim masnim kiselinama i energijom, ali zbog visokog udjela masti, takav je proizvod sklon kvarenju.

Budući da je tripsin inhibitor termolabilan, može se inaktivirati toplinskom obradom (iako ne u potpunosti, ali smatra se da preostala aktivnost nema nepovoljan učinak u hranidbi). Npr. postupkom ekstrudiranja soje smanjuje se udio tripsin inhibitora za 97-98 % (Van der Poel, 1997.). Toplinska obrada soje (tostiranje) podrazumijeva podvrgavanje soje temperaturi u rasponu od 110-165 °C.

Krička i sur. (2003.) uspoređivali su različite temperature obrade soje (125 °C, 130 °C i 135 °C u periodu od 10-15 minuta) i utvrdili su da se soja mora tostirati na minimalno 125 °C u trajanju od 15 minuta za monogastrične životinje i na 130 °C tijekom deset minuta za poligastrične životinje da bi količine tripsin inhibitora i ureaze bile zadovoljavajuće. Sirova soja sadrži lektine (hemoglutinini), proteine koji se vežu za ugljikohidrate te hranidba takvom sojom može prouzročiti sporiji rast i uginuće životinja (Kakade i sur., 1972.), ali termičkom se obradom soje djelovanje lektina može inaktivirati.

Procjenjuje se da Kunitz-ov inhibitor ima najvažniju ulogu kao tripsin inhibitor budući da je odgovoran za 30-50 % ukupne tripsin inhibitorne aktivnosti (Orf and Hymowitz, 1979.). Srebrić i sur. (2010.) su za stvaranje nove sorte soje Laura, čije je zrno bez Kunitz inhibitora, koristili američku sortu soje Kunitz, III. grupe zrenja, prvu registriranu sortu soje bez Kunitz inhibitora. U periodu od četiri godine (2002.-2005.) nova sorta je uspoređivana sa sortom Balkan kao standardom. U svim godinama ispitivanja razlike u prinosu zrna nisu bile značajne. Masa 1000 zrna je bila niža od standarda, količina proteina viša, a količina ulja niža u odnosu na standard. Sadržaj ukupnog tripsin inhibitora u sorti Laura bio je u pola manji (14,6-16,6 mg/g) od standarda sorte Balkan (30,3-31,4

mg/g). Zahvaljujući eliminaciji Kunitz-ovog inhibitora iz sorte soje Laura i tripsin inhibitorskoj aktivnosti svedenoj na približno polovicu u odnosu na sorte standardne kvalitete zrna soje, zrno soje Laura može se upotrebljavati za ishranu odraslih domaćih životinja nepreživača bez prethodne termičke obrade. Postupak industrijske prerade takvog zrna traje kraće vrijeme uz uštedu energije i manju denaturaciju korisnih sastojaka.

U soji se za određivanje količine antinutritivnih tvari najčešće koriste analize na prisutnost tripsina i ureaza test, a drugi način utvrđivanja dobre obrade sojinog zrna i stupnja razaranja proteina je određivanjem topljivosti proteina kalijevim hidrosidom (KOH). Pravilna termička obrada soje (tostiranje) i trajanje procesa je važna za osiguravanje najbolje kvalitete obrađene soje. Dulja termička obrada soje smanjuje KOH vrijednosti i smanjuje količinu tripsin inhibitora (snižava se pH), ali ujedno se smanjuje količina dostupnih aminokiselina. Kratka termička obrada soje na nižim temperaturama povećava KOH vrijednosti, ali istovremeno se ne smanjuje količina tripsin inhibitora (povećeva se pH), što nije zadovoljavajuće, jer se ograničava djelovanje probavnih enzima gastrointestinalnog trakta životinje i slabiju apsorpciju aminokiselina. Kontrola kvalitete termičke obrade navedenim analitičkim metodama jedan je od najvažnijih procesa u obradi soje. Urea se pomoću ureaze razgrađuje na amonijak, a to može biti toksično za preživače ako se hrane sirovom sojom, ali se termičkom obradom

aktivnost ureaze smanjuje približno kao i tripsin inhibitor. Metoda za određivanje ureaze temelji se na promjeni pH vrijednosti prilikom otpuštanja amonijaka.

Ureaza je enzim koji katalizira hidrolizu uree u amonijak i ugljikov dioksid. Amonijak je alkalan pa se ureaza mjeri metodom pH. Povećani pH ukazuje na aktivnost ureaze u soji, a samim time i prisutnost tripsin inhibitora budući da se oba proteina tijekom termičke obrade denaturiraju i deaktiviraju.

Aktivnost ureaze u sirovoj soji je oko 2,0, a pretpostavlja se da je sojino zrno pravilno obrađeno ako je aktivnost ureaze 0,05-0,20. Ako su vrijednosti ureaze blizu nule to nam ukazuje da su tripsin inhibitori deaktivirani, ali može značiti i da je obrada soje bila neadekvatna i da su se pritom uništile i brojne aminokiseline. Općenito, topljivost proteina u KOH pokazuje je li zrno soje previše tostirano, dok aktivnost ureaze (izražena kao promjena pH) pokazuje je li nedovoljno tostirano. Preporučuje se da bi topljivost u KOH trebala biti 75-90 %. Soja s visokom topljivošću u KOH i niskom aktivnosti ureaze zadovoljava zahtjeve za aminokiselinama za uzgoj brojlera (Willis, 2004.). Waldroup i sur. (1985.) su ustanovili da je limit za ureazu za mlade brojlere iznad kojeg se može očekivati slabiji rast i razvoj 0,35. Ruiz (2012.) je prema svojim višegodišnjim istraživanjima preporučio aktivnost ureaze u 25-30 % sojinoj sačmi od 0,000-0,050, što bi odgovaralo približno 1,65-2,35 mg/g tripsina. Npr. u Brazilu je gornja granica za ureazu 0,30 (Penz i Brugalli, 2000.).

Tabela 2. Rezultati analiziranih uzoraka (vlaga, pepeo, sirova mast, sirova vlakna, sirove bjelančevine, šećer, topljive bjelančevine i topivost bjelančevina u 0,2 % KOH, kloridi)

Redni broj uzorka	Uzorak	Zemlja podrijetla	Vlaga (%)	Pepeo (%)	Sirova mast (%)	Sirova vlakna (%)	Sirove bjelančevine (%)	Šećer (%)	Topljive bjelančevine (%)	Topivost bjelančevina u 0,2% KOH (%)	Kloridi (%)
1.	Sojino zrno	Nepoznato	10,43	5,05	21,02	10,66	33,38	9,14	29,44	86,90	0,03
2.	Sojino zrno	Nepoznato	10,32	4,86	20,45	10,25	35,16	7,88	28,71	81,66	0,03
3.	Sojino zrno	Nepoznato	10,66	4,96	21,11	11,32	33,98	8,86	28,48	83,88	0,04
4.	Sojino zrno	Nepoznato	10,35	5,06	19,64	9,95	33,62	8,00	28,42	84,52	0,03
5.	Sojina sačma	Brazil	11,94	5,83	1,73	6,13	43,96	10,68	36,21	82,37	0,06
6.	Sojina sačma	Brazil	11,96	5,86	1,91	4,62	45,71	9,19	37,23	81,45	0,06
7.	Sojina sačma	Italija	10,05	6,02	1,47	4,53	46,46	9,56	38,66	83,20	0,03
8.	Sojina sačma	Argentina	10,81	6,17	0,78	4,07	44,76	13,46	39,27	87,73	0,02
9.	Sojina sačma	Argentina	11,10	6,34	0,72	3,98	46,52	11,48	37,63	80,90	0,03
10.	Sojina sačma	Brazil	12,26	5,94	1,97	4,96	44,75	9,83	37,04	82,77	0,06
11.	Sojina sačma	Brazil	12,28	5,83	1,84	5,56	46,03	10,62	37,05	80,49	0,03
12.	Sojina sačma	Hrvatska	11,72	6,32	2,11	6,12	46,19	10,54	37,00	80,10	0,03
13.	Sojina sačma	Nepoznato	11,21	6,16	2,17	5,14	46,33	11,53	36,09	77,90	0,02
14.	Sojina sačma	Nepoznato	11,37	6,63	2,11	4,85	45,98	9,90	37,63	81,84	0,05
15.	Sojina sačma	Nepoznato	11,05	6,37	1,10	10,36	46,41	11,93	40,43	87,11	0,06
16.	Tostirana soja	Hrvatska	7,92	4,96	21,91	10,03	35,73	7,31	24,48	68,51	0,03
17.	Tostirana soja	Hrvatska	7,93	5,09	22,03	11,49	36,09	8,56	24,75	68,00	0,04
18.	Tostirana soja	Brazil	10,12	4,58	21,06	9,53	36,17	6,87	28,89	79,87	0,05
19.	Tostirana soja	Nepoznato	8,06	5,00	21,59	10,36	37,41	8,56	32,00	85,54	0,03
20.	Sojina pogača	Srbija	6,69	5,30	8,24	8,46	44,06	9,77	39,06	88,67	0,02

Tabela 3. Rezultati sastava minerala analiziranih uzoraka

Redni broj uzorka	Uzorak	Zemlja podrijetla	Minerali								
			Ca (%)	P (%)	Na (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)
1.	Sojino zrno	Nepoznato	0,23	0,64	180	32	17	52	152	2400	16200
2.	Sojino zrno	Nepoznato	0,24	0,61	160	29	17	53	151	2480	15400
3.	Sojino zrno	Nepoznato	0,22	0,63	70	30	18	51	140	2440	15600
4.	Sojino zrno	Nepoznato	0,23	0,63	90	29	18	54	136	2240	15600
5.	Sojina sačma	Brazil	0,34	0,66	170	55	18	61	165	3080	22800
6.	Sojina sačma	Brazil	0,32	0,69	70	48	16	49	144	3080	21120
7.	Sojina sačma	Italija	0,33	0,70	60	39	14	49	142	3040	21400
8.	Sojina sačma	Argentina	0,31	0,68	60	45	15	41	99	3000	22200
9.	Sojina sačma	Argentina	0,37	0,71	90	54	16	43	127	3160	23400
10.	Sojina sačma	Brazil	0,32	0,66	50	49	15	46	138	3080	22000
11.	Sojina sačma	Brazil	0,32	0,66	90	47	16	61	135	3040	22800
12.	Sojina sačma	Hrvatska	0,40	0,64	80	50	16	47	174	3000	20800
13.	Sojina sačma	Nepoznato	0,40	0,63	100	50	16	47	164	3000	20600
14.	Sojina sačma	Nepoznato	0,28	0,62	140	47	16	46	145	3000	19600
15.	Sojina sačma	Nepoznato	0,34	0,78	110	37	18	58	165	3240	21000
16.	Tostirana soja	Hrvatska	0,25	0,66	100	31	16	46	130	2440	18800
17.	Tostirana soja	Hrvatska	0,24	0,66	40	31	17	45	135	2440	19200
18.	Tostirana soja	Brazil	0,26	0,51	110	23	14	40	172	2240	16000
19.	Tostirana soja	Nepoznato	0,25	0,64	80	27	16	47	118	2520	17400
20.	Sojina pogača	Srbija	0,32	0,49	11	42	16	48	153	2600	19600

Tabela 4. Sastav antinutritivnih tvari iz ispitivanih uzoraka

Redni broj uzorka	Uzorak	Zemlja podrijetla	Ureaza (mg N/g/min)	Tripsin mg/g
1.	Sojino zrno	Nepoznato	8,75	23,25
2.	Sojino zrno	Nepoznato	10,38	26,80
3.	Sojino zrno	Nepoznato	9,23	23,52
4.	Sojino zrno	Nepoznato	10,92	25,69
5.	Sojina sačma	Brazil	0,02	2,40
6.	Sojina sačma	Brazil	0,01	1,93
7.	Sojina sačma	Italija	0,01	2,70
8.	Sojina sačma	Argentina	0,03	3,13
9.	Sojina sačma	Argentina	NEMA	2,62
10.	Sojina sačma	Brazil	0,02	2,32
11.	Sojina sačma	Brazil	0,01	2,47
12.	Sojina sačma	Hrvatska	0,03	1,40
13.	Sojina sačma	Nepoznato	0,04	1,38
14.	Sojina sačma	Nepoznato	NEMA	1,77
15.	Sojina sačma	Nepoznato	NEMA	1,14
16.	Tostirana soja	Hrvatska	0,03	1,84
17.	Tostirana soja	Hrvatska	0,02	1,93
18.	Tostirana soja	Brazil	9,70	26,68
19.	Tostirana soja	Nepoznato	NEMA	1,96
20.	Sojina pogača	Srbija	0,03	3,56

Od dostavljenih uzoraka samo su uz jedan uzorak sojine sačme i jedan uzorak tostirane soje dostavljeni podaci o količini proteina, vlakana, masti, vlage pepela, pijeska i silicija. Deklaracija podrazumijeva sve pisane oznake, trgovačku oznaku, zaštitni znak, naziv marke, slikovni prikaz ili simbol koji se odnosi na hranu, a stavlja se na ambalažu, naljepnicu ili privjesnicu, na dokumente te obavijesti koji prate ili se odnose na tu hranu.

Usporedbom podataka navedenih u deklaraciji i podataka dobivenih analizom

u našem istraživanju može se zaključiti da neke vrijednosti na deklaracijama ne odgovaraju stvarnom sastavu uzoraka soje i proizvoda od soje (tabela 5.). Najveća odstupanja su primijećena kod tostirane soje, u kojoj je prema deklaraciji, udio vlakana iznosio 21,00 % na originalnoj deklaraciji, dok je svega 10,03 % dobiveno analizom. Sličan rezultat dobiven je i za udio pepela 8,50 % na originalnoj deklaraciji dok je laboratorijskom analizom dobivena vrijednost od 4,96 %.

Tabela 5. Usporedba sastava sojine sačme i tostirane soje sa deklaracije uzoraka i analiza dobivenih u Laboratoriju za analitiku stočne hrane Centra za peradarstvo

Vrsta uzorka	Podrijetlo analize	Protein (%)	Vlakna (%)	Mast (%)	Vlaga (%)	Pepeo (%)	Ureaza (mg N/g/min)
Sojina sačma	Originalna deklaracija	45,52	4,59	2,04	12,35	5,89	-
	Rezultati laboratorija	43,96	6,13	1,73	11,94	5,83	-
Tostirana soja	Originalna deklaracija	34,00	21,00	24,90	10,10	8,50	max 0,50
	Rezultati laboratorija	35,73	10,03	21,91	7,92	4,96	0,03

Ovo preliminarno istraživanje imalo je za svrhu analizirati kvalitete soje i sojinih proizvoda koji se koriste za proizvodnju hrane za životinje u Republici Hrvatskoj. Iako Republika Hrvatska proizvodi i izvozi soju (izvoz u 2020. godini je bio 113,9 milijuna USD (FAOSTAT, 2022.), zbog nedovoljnih kapaciteta prerade, također je i uvozi (uvoz u 2020. godini je bio 6,3 milijuna USD (FAOSTAT, 2022.).

Agronomski fakultet u Zagrebu i Poljoprivredni institut iz Osijeka sustavno provode istraživački i oplemenjivački rad koji je rezultirao s više priznatih sorti koje čine osnovu proizvodnje soje u Hrvatskoj (Sudarić i sur., 2012.). Međutim, soja i proizvodi od soje uzgajane u različitim dijelovima svijeta karakterizira različita kvaliteta, zbog prije navedenih genetskih, okolišnih uvjeta i načina prerade. Stoga je u cilju proizvodnje hrane željene kvalitete i sastava neophodno poznavati koliko uočena raznolikost može utjecati na konačni proizvod (hranu), odnosno na proizvodne rezultate u uzgoju životinja.

Zaključak

Soja i sojini proizvodi su jedan od najvažnijih i najviše korištenih izvora biljnih proteina, ulja, esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina, minerala i dr. Hranidba životinja zahtijeva sirovine poznatog kemijskog sastava, budući da mogu sadržavati tvari koje mogu negativno utjecati na rast i razvoj životinja. Soja je posebna po tome što sadržava antinutritivne tvari, koje se ako pravilno prerade, neće životinjama proizročiti negativne posljedice. Analizom soje i sojinih proizvoda, koje su nam dostavili proizvođači hrane za životinje, utvrdili smo da u mnogim slučajevima nisu upoznati s podrijetlom i kemijskim sastavom soje. Sastav soje ovisi o mnogim faktorima kao što su genetsko podrijetlo, uvjeti u kojima se uzgaja, prerada i skladištenje. Za uspješan uzgoj životinja potrebno je redovito kontrolirati sastav sirovina koje se koriste za ishranu.

Zahvala

Ovo istraživanje financirano je sredstvima Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske i Hrvatskog veterinarskog instituta.

Literatura

- ANDRIJANIĆ, Z., M. MATOŠA KOČAR, L. BREZINŠČAK i I. PEJČIĆ (2022): Trendovi proizvodnje soje u Hrvatskoj. *Glas. zašt. bilja* 45, 58-68.
- DOZIER, W. A. and J. B. HESS (2011): Soybean Meal Quality and Analytical Techniques, In: *Soybean and Nutrition* (H. A. El-Shemy, Ed.), InTech, Rijeka, Croatia, 111-124.
- DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU (2022): podaci. dzs.hr/2021/hr/10142 (12.4.2022.)
- FAOSTAT (2022): www.fao.org/faostat/en/#data/TCL (12.4.2022)
- GRBEŠA, D. (2004): Metode procjene i tablice kemijskog sastava i hranjive vrijednosti krepkih krmiva, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, Hrvatska.
- KAKADE, M. L., N. R. SIMONS, I. E. LIENER and J. W. LAMBERT (1972): Biochemical and nutritional assessment of different varieties of soybeans. *Agric. Food Chem.* 20, 87-90. doi.org/10.1021/jf60179a024
- KARR-LILIENTHAL, L. K., C. M. GRIESHOP, N. R. MERCHEN, D. C. MAHAN and G. C. FAHEY, JR. (2004): Chemical Composition and Protein Quality Comparisons of Soybeans and Soybean Meals from Five Leading Soybean-Producing Countries. *J. Agric. Food Chem.* 52, 6193-6199. doi.org/10.1021/jf049795+
- KIŠ, G. (2004): Punomasna, pržena (tostirana) soja u hranidbi mliječnih krava. *Meso* 6, 22-24.
- KRIČKA, T., Ž. JUKIĆ, N. VOĆA, N. SIGFILD, J. ZANUŠKAR and S. VOĆA (2003): Nutritional characteristic of soybean after thermal processing by toasting. *Acta Vet. Beograd* 53, 191-197. doi.org/10.2298/AVB0303191K
- LONG, S. (2001): Genes and signals in the Rhizobium-legume symbiosis. *Plant Physiol.* 125, 6972. doi.org/10.1104/pp.125.1.69
- MIRANSARI, M., H. RIAHI, F. EFTERKHAR, A. MINAIE and D. SMITH (2013): Improving soybean (*Glycine max* L.) N₂ fixation under stress. *J. Plant Growth Regul.* 32, 909-921. doi.org/10.1007/s00344-013-9335-7
- MIRANSARI, M. (2011): Soil microbes and plant fertilization. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 92, 875-885. doi.org/10.1007/s00253-011-3521-y
- NARODNE NOVINE (1999): Pravilnik o temeljnim zahtjevima za kakvoću, pakiranje i deklariranje sjemena poljoprivrednog bilja (NN 133/1999).
- MOHAN, V. R., P. S. TRESINA and E. D. DAFFODIL (2016): Antinutritional Factors in Legume Seeds: Characteristics and Determination. *Encyclopedia of Food and Health*, Editors: Benjamin Caballero, Paul Finglas, Fidel Toldrá, pp. 211-220. doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00036-2
- ORF, H. J. and T. HYMOVITZ (1979): Inheritance of the absence Kunitz trypsin inhibitor in seed protein of soybean. *Crop Sci.* 9, 107-109. doi.org/10.2135/croscsci1979.0011183X001900010026x
- PENZ, A. M. and I. BRUGALLI (2000): Soybean products as protein sources in poultry diets. In: *Drackley, J. K. (Ed.). Soy and Animal Nutrition*. Pp. 289-306.
- RUIZ, N. (2012): New insights on the urease activity range for soybean meal: a worldwide opportunity for the poultry industry. *Arkansas Nutrition Conference Proceedings*.
- SALVAGIOTTI, F., K. G. CASSMAN, J. E. SPECHT, D. T. WALTERS, A. WEISS and A. DOBERMANN (2008): Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. *Field Crops Res.* 108, 1-13. doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.001
- SIMIĆ, D. (1995): Soja (proizvodnja i prerada), Beograd, str. 375-401.
- SREBRIĆ, M., Lj. PRIJIĆ, S. ŽILIĆ i V. PERIĆ (2010): Laura - nova sorta soje bez Kunitz-tripsin inhibitora. *Selekcija i semenarstvo* 16, 27-30.
- STATISTA (2022): www.statista.com/statistics/263926/soybean-production-in-selected-countries-since-1980/ (12.4.2022.)
- USDA (2022): www.fas.usda.gov/ (12.4.2022.)
- VAN DER POEL, A. F. B. (1997): *Expander Processing of Animal Feeds* (A. F. B. van der Poel, Ed.) Feed Processing Centre, Wageningen.
- VRATARIĆ, M. i A. SUDARIĆ (2000): Soja, Poljoprivredni institut Osijek.
- VRATARIĆ, M. i A. SUDARIĆ (2008): Soja Glicine max. Merr., Poljoprivredni institut Osijek.
- WALDROUP, P. W., B. E. RAMSEY, H. M. HELLWIG and N. K. SMITH (1985): Optimum Processing for Soybean Meal Used in Broiler Diets. *Poult. Sci.* 64, 2314-2320. doi.org/10.3382/ps.0642314
- WILLIS, S. (2004): The use of Soybean Meal and Full Fat Soybean Meal by the Animal Feed Industry, 12th Australian Soybean Conference.
- ZHANG, Y. and C. M. PARSONS (1993): Effect of extrusion and expelling on the nutritional quality of conventional and kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. *Poult. Sci.* 72, 2299-2303. doi.org/10.3382/ps.0722299

Evaluation of the quality of soybeans and soybean products and their application in nutrition

Marija BERENDIKA, BSc, Expert Associate, Gabrijela KRIVEC, DVM, External Associate, Tihomir ZGLAVNIK, DVM, Senior Scientific Associate, Marijana SOKOLOVIĆ, DVM, PhD, Senior Scientific Associate Poultry Center, Croatian Veterinary Institute, Zagreb, Croatia

Soybean is one of the best sources of plant-based proteins for animal feed production. The products that remain after soybean processing are used as food for humans and as raw materials for the food, chemical and pharmaceutical industries. Soybean production depends upon a number of factors including adequate soil, light, moisture and selected variety. Soybean is a good source of protein, oils, carbohydrates, minerals, vitamins and essential and non-essential amino acids. Antinutritional substances (thermolabile and thermostable) are also present in soybean seeds. These are not digestible and/or have a negative effect on digestion and cause slower growth of animals. However, with appropriate technological processing, these substances can be partially and/or completely inactivated. Laboratory analysis can show whether processing has been adequately performed and whether the antinutrient values are within the appropriate range. Analysis of soybean seeds and soybean products in the Feed

Analysis Laboratory, Poultry Centre, Croatian Veterinary Institute in Zagreb, Croatia showed certain variations in nutritional content. Variations were in respect to the origin of samples (data were not always provided with the sample) or were not in concordance with the declaration (if available) or with the data listed the table of chemical composition and nutritional values. Basic chemical parameters, including mineral content, were determined in all samples using standard analytical methods. Analysed parameters were moisture, ash, crude fat, crude fibre, crude protein, sugar, protein solubility in 0.2% potassium hydroxide, minerals (Ca, P, Na, Mn, Cu, Zn, Fe, Mg, and K), chlorides soluble in water, trypsin inhibitor and urease. The aim of this study was to compare the quality of soybeans and soybean products (nutritional content) from different sources that are available in Republic of Croatia and to evaluate their potential for use as animal feed.

Key words: *soybean; animal feed; antinutrients*