

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET VETERINARSKЕ MEDICINE

ZBORNİK PREDAVANJA
XXXIV SEMINARA
ZA INOVACIJE
ZNAJIA VETERINARA



ANTINUTRITIVNE MATERIJE – STALNA OPASNOST U PROIZVODNJI HRANE ZA ŽIVOTINJE

**Radmila Marković, Stamen Radulović, Dragoljub Jovanović
i Milica Todorović**

Kratak sadržaj

Određene materije u hrani odnosno hranivima za ishranu domaćih životinja u značajnoj meri mogu umanjiti njihovu hranljivu vrednost. U najvećem broju slučajeva ove materije izazivaju smanjen porast životinja, lošiju konverziju hrane, različite hormonalne promene i povremeno oštećenje različitih organa. Veoma je važno poznavati načine za njihovu identifikaciju i postupke za njihovo inaktivisanje u cilju maksimalnog očuvanja hranljive vrednosti. Antinutritivni faktori se mogu podeliti na više načina: faktori koji stupaju u interakciju sa proteinima hrane, koji remete proces iskorišćavanja minerala i vitamina, termolabilni i termostabilni. U ishrani domaćih životinja a posebno onih visokog genetskog potencijala, danas su veoma interesantna ona hraniva koja su bogata biološki visoko vrednim proteinima uz solidnu ili dobru koncentraciju energije. U ovu grupu, u prvom redu spada zrnavlje jednogodišnjih leguminoza (soja, lupina, grašak, grahorica, bob, sočivo, pasulj itd.) kao i odgovarajući proizvodi na bazi njih. Biološka vrednost ovih hraniva je takva da omogućuje delimičnu, a kod određenih vrsta i kategorija i potpunu supstituciju skupih animalnih izvora proteina, što ova hraniva čini aktuelnim i sa ekonomske tačke gledišta. Međutim, i pored visokovrednih sastojaka, upravo u ovim hranivima je utvrđena velika količina antinutritivnih materija (kao što su inhibitori tripsina i himotripsina, enzim ureaza itd.) koje smanjuju biološku vrednost ovih hraniva. U cilju povećanja njihove upotrebe u ishrani životinja, danas je razvijen širok spektar tehnika termičke i hidrotermičke obrade, prženje, tostiranje, ekstrudiranje, kuvanje itd. Neophodno je da stručnjaci koji su angažovani na ovim poslovima konstantno prate nove tendencije iz oblasti hrane, kao i da odlično poznaju ovaj vrlo osetljiv proces, jer čak i minimalne promene uslova rada i sastava polaznog materijala, drastično menjaju finalni proizvod.

Ključne reči: antinutritivni faktori, soja

*Dr Marković Radmila, doc., Stamen Radulović, DVM, asist., mr Dragoljub Jovanović,
str. sar, Katedra za ishranu i botaniku, Fakultet veterinarske medicine, Beograd,
Milica Todorović, DVM, Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog
porekla, Fakultet veterinarske medicine, Beogradu*

Uvod

Antinutritivne materije su materije biljnog porekla koje umanjuju efikasnost iskorišćavanja hraniva i obroka. Veoma je važno poznavati načine za njihovu identifikaciju i postupke za njihovo inaktivisanje u cilju maksimalnog očuvanja hranljive vrednosti. Određene materije u hrani odnosno hranivima za ishranu domaćih životinja u značajnoj meri mogu umanjiti njihovu hranljivu vrednost [1]. Do sada je identifikovan veći broj ovakvih materija, koje ne ispoljavaju letalan efekat ili ga ispoljavaju samo u slučajevima kada ih životinja unese u organizam preko određene količine.

Anti-nutritivne faktore (ANF) možemo definisati kao one supstance proizvedene u prirodnim hranivima normalnim metabolizmom tih biljnih vrsta različitim mehanizmima (npr. inaktivacija pojedinih hranljivih materija, smanjenjem digestivnog procesa ili metaboličkim korišćenjem hrane), koje imaju efekte u suprotnosti sa optimalnom ishranom. U najvećem broju slučajeva ove materije izazivaju smanjen porast životinja, lošiju konverziju hrane, različite hormonalne promene i povremeno oštećenje različitih organa. Tripsin inhibitori, koji su ANFi za monogastrične životinje, ne izazivaju neželjena dejstva kod preživara jer su degradirani u buragu [2].

U ishrani domaćih životinja a posebno onih visokog genetskog potencijala, danas su veoma interesantna ona hraniva koja su bogata biološki visoko vrednim proteinima uz solidnu ili dobru koncentraciju energije. U ovu grupu, u prvom redu spada zrnavlje jednogodišnjih leguminoza (soja, lupina, grašak, grahorica, bob, sočivo, pasulj itd.) kao i odgovarajući proizvodi na bazi njih. Biološka vrednost ovih hraniva je takva da omogućuje delimičnu, a kod određenih vrsta i kategorija i potpunu supstituciju skupih animalnih izvora proteina, što ova hraniva čini aktuelnim i sa ekonomske tačke gledišta.

Antinutritivni faktori se mogu podeliti na više načina (tabela 1). Jedna od tih podela je po načinu dejstva, i to na: one koji stupaju u interakciju sa proteinima hrane, i one koji remete proces iskorišćavanja minerala i vitamina (tabela 1). Antinutritivne materije se mogu podeliti i na termolabilne i termostabilne. Termolabilnoj grupi pripadaju inhibitori proteaza, lektini i cijanogeni, koji su osetljivi na standardne temperature prerade hrane za životinje. Drugoj grupi pripadaju termostabilne antinutritivne materije i ova grupa između ostalih, obuhvata i antigenske proteine, kondenzovane tanine, kvinolizidinske alkaloidne, glukozinolate, saponine, neproteinske derivate aminokiselina kakvi su S-metil cistein sulfoksid i mimozin i fitoestrogeni [3].

Tabela 1. - Klasifikacija antinutritivnih materija koje najčešće susrećemo u različitim biljnim hranivima.

Faktor i način dejstva	Hranivo (ili deo) gde ga ima	Način neutralisanja
Interakcija sa proteinima hrane		
Inhibitori proteaza	(tripsin) Soja	toplota
Hemaglutinini	(lektini) Soja	toplota
Saponini	Grašak, lucerka	
Polifenoli	Tanini, sirak	
Interakcija sa iskorišćavanjem minerala		
Fitinska kiselina	Soja, zrna	suplementacija, dodavanje fitaze
Oksalna kiselina	proteini lista	toplotni tretmani
Glukozinolati	Uljana repica	genetska poboljšanja biljaka
Gosipol	Pamukovo seme	genetska poboljšanja biljaka
Interakcija sa iskorišćavanjem vitamina		
Vit A (lipoksigenaza)	Soja	toplotni tretman
Vit D	Soja	toplota
Vit E (oksidaza)	Pasulj	toplota, dodavanje vit.E
Anti-nikotinska kiselina (niacinogen)	kukuruz	
Anti-piridoksin	Lanena sačma	ekstrakcija vodom, zagrevanje
Anti-vitamin B12	Sirova soja	toplotni tretman
Cijanogeni	Kasava, sirak	toplotni tretman

Soja u ishrani životinja

Soja predstavlja visoko vredno hranivo u ishrani životinja. Za veliki značaj soje zaslužan je hemijski sastav zrna (tabela 2): 30-50% proteina, 18-24% ulja, 34% ugljenih hidrata, 5% pepela (minerala K, P, S, Ca, Fe, Mg, Na). Pored toga seme soje sadrži značajnije vitamine: A1, B1, B3, B6, C, D, E, K. Proteini soje imaju visoku biološku vrednost i sadrže sve esencijalne aminokiseline, neophodne za ishranu ljudi i životinja, od kojih su najznačajnije: lizin, triptofan, metionin, cistin itd.

Tabela 2. - Nutritivna vrednost 100 g sojinog zrna (sirovo, zrelo zrno) [4].

Ugljeni hidrati	30,16 g	Proteini/aminokiseline	36,49 g
- šećeri	7,33 g	- Triptofan	0,591 g
- dijetetska vlakna	9,30 g	- Treonin	1,766 g
Masti	19,94 g	- Izoleucin	1,971 g
- zasićene	2,884 g	- Leucin	3,309 g
- mononezasićene	4,404 g	- Lizin	2,706 g
- polinezasićene	11,255 g	- Metionin	0,547 g
Vlaga	8,54 g	- Cistin	0,655 g
Vitamin A.	1 µg	- Fenilalanin	2,122 g
Vitamin B₆	0,377 mg	- Tirozin	1,539 g
Vitamin B₁₂	0 µg	- Valin	2,029 g
Holin	115,9 mg	- Arginin	3,153 g
Vitamin C	6 mg	- Histidin	1,097 g
Vitamin K	47 µg	- Alanin	1,915 g
Kalcium	277 mg	- Aspaginska kiselina	5,112 g
Gvožđe	15,70 mg	- Glutaminska kiselina	7,874 g
Fosfor	704 mg	- Glicin	1,880 g
Kalijum	1797 mg	- Prolin	2,379 g
Natrijum	2 mg	- Serin	2,357 g
Cink	4,89 mg		
Magnezijum	280 mg		
Vitamin A	1 µg		
Vitamin B₆	0,377 mg		

Ali, i pored visokovrednih sastojaka, zrno soje sadrži i materije (kao što su inhibitori tripsina i himotripsina, enzim ureaza itd.) koje smanjuju biološku vrednost ovog hraniva. Bitan razlog da se soja, ili sporedni proizvodi prerade soje podvrgnu nekom postupku tehnološke obrade je inaktivacija brojnih antinutritivnih materija, koje su prisutne u zrnu soje. Drugi razlog je potreba da se hranljive materije u soji podvrgnu takvim promenama u hemijskom sastavu, koje će ih učiniti pogodnijim, i u većoj meri, fiziološki optimalnim za procese varenja [1].

Pre više od 70 godina Osborne i Mendel [5] utvrdili su da sirovo zrno soje izaziva smanjen porast t. m. pacova i lošije iskorišćavanje hrane.

Utvdili su i da se ovaj nepovoljni efekat može eliminisati tretiranjem zrna soje toplotom. Isti efekat kasnije je utvrđen i sa drugim leguminozama. Navedene pojave izazivaju različiti faktori koji inhibiraju proteolitičku aktivnost određenih enzima, zbog čega su i nazvani inhibitori proteaza.

Što se tiče domaćih životinja, danas je nezamislivo intenzivno stočarstvo visokoproduktivnih rasa i hibrida bez upotrebe termički obrađenih proizvoda od soje. Oni se koriste u intenzivnom govedarstvu (naročito mlečnih životinja), svinjarstvu (tovne rase svinja ili njihovi hibridi), kod tova piladi (i druge živine), roditeljskih jata, proizvodnje jaja kako za nasad tako i konzumnih, a može se koristiti i u ekstraintenzivnom kozarstvu, ovčarstvu i ribarstvu.

Antinutritivne materije u soji

Značajan doprinos proučavanju antinutritivnih materija u zrnu soje dali su Adamović i sar. [6]. Oni navode da pored inhibitora tripsina i inhibitora himotripsina, u soji postoje i mnogi drugi sastojci, koji takođe ispoljavaju negativan uticaj na procese varenja i iskorišćavanje hrane. Sva antinutritivna jedinjenja u zrnu soje se s obzirom na otpornost prema delovanju visokih temperatura mogu podeliti na termostabilna i termolabilna jedinjenja.

Termolabilna antinutritivna jedinjenja

Kako je napred istaknuto, najpoznatija jedinjenja iz ove grupe su inhibitori tripsina i himotripsina, ali ne i jedina. Do sada je utvrđeno šest različitih tipova inhibitora proteaza i oni predstavljaju jedinstvenu klasu proteina koji imaju sposobnost da reaguju na visoko specifičan način sa proteolitičkim enzimima digestivnog trakta životinja. Najvažniji antinutritivni faktori prisutni u sirovom zrnu mahunarki su tripsin i himotripsin inhibitori, koji smanjuju delovanje pankreasne proteaze [7,8]. Sirovo zrno soje sadrži dva odvojena inhibitora proteaza: proteini sa molekularnom masom od oko 20.000 Da, specifično usmereni pre svega protiv tripsina, poznati kao Kunitz tripsin inhibitor [9], kao i one koji imaju molekularnu masu od 6.000 do 12.000 Da i koji su sposobni da inhibiraju himotripsin kao i tripsin i nazivaju se Bowman-Birk tripsin inhibitori [10]. Efekti kod životinja uključuju redukovanu digestiju proteina i endogeni gubitak amino-kiselina što rezultira slabijim prirastom (kod ishrane sa sirovim zrnom soje ili nezagrevanom sojinom sačmom). Usporen porast životinja pripisuje se inhibiranju varenja proteina. Tripsin inhibitor semena soje povezuje se sa hipertrofijom i lezijama pankreasa, i gubitkom aminokiselina sa sumporom.

Ipak, inhibitori tripsina nisu samo antinutritivne supstance. Danas se sve više razmatraju i kao biološki aktivna jedinjenja (posebno Bowman-Birk-ov inhibitor) koji mogu značajno terapijski delovati u lečenju nekih karcinoma [11-13]. Polipeptid male molekulske mase lunasin ima anti-kancerogeno delovanje, a on je po nekim autorima sastavni deo Bowman-Birk-ovog inhibitora [14]. Toplotna obrada i fermentacija hraniva smanjuju količinu inhibitora proteaza tako da se njihov efekat znatno umanjuje ili eliminiše [15].

Hemaglutinini ili lektini, su štetna oligopeptidna jedinjenja, prisutna u soji. Oni se vezuju za ćelije koje oblažu zid creva izazivajući pri tome nespecifične reakcije sa produktima varenja hrane, pre svega sa proteinima.

Najveći broj lektina izolovan je iz leguminoza. Ukoliko su ugljeni hidrati koje vezuju lektini deo ćelijskog zida, lektini će uzrokovati aglutinaciju (slepljivanje u grupe) takvih ćelija (nazivaju se još i fitohemaglutinini jer se koriste za aglutinaciju eritrocita kod određivanja krvnih grupa). U gastrointestinalnom traktu dovode do mučnine, povraćanja i proliva, jer se vezuju za ćelije epitela creva uzrokujući nekrozu tih ćelija, čime oštećuju intestinalnu mukozu. Nasuprot većini ostalih proteina hrane, oni ne podležu razgradnji u digestivnom traktu i značajne količine ingestovanih lektina se intaktno mogu izolovati iz fecesa životinja koje su hranjene semenjem leguminoza. Najpoznatiji lektin leguminoza je konkavalin A (Con A), lektin koji ima snažno antinutritivno i toksično svojstvo, izolovan je iz biljke *Canavalia ensiformis* (vrsta pasulja) i specifičan je za manozu i glukozu. Lektini su takođe prisutni i u leptirastom pasulju (*Psophocarpus tetragonolobus*) i soji. Konkavalin A deluje erozivno smanjujući dužinu crevnih resica i na taj način redukuje površinu za apsorpciju u tankom crevu. Sveukupni efekat je redukovana apsorpcija nutrijenata praćena slabljenjem imunskog sistema. Uočeno je zaostajanje u rastu kod životinja hranjenih nekuvanim mahunarkama, pošto se kuvanjem (denaturacija proteina) toksično dejstvo lektina inaktiviše [15]. Poznat je i fitohemaglutinin iz pasulja, lektin kikirikija. Što se tiče lektina iz drugih biljnih vrsta, najčešće je izučavan ricin, lektin iz *Ricinus communis*, specifičan za galaktozu. Izuzetna toksičnost ovog lektina zasniva se na činjenici da se vezuje za ribosome i inaktivira ih. Od svih biljnih lektina najviše izučavan je WGA, lektin iz pšeničnih klica, specifičan za N-acetilglukozamin (GlcNAc).

Pored ovih antinutritivnih materija, treba istaći i enzim ureazu, koji u organizmu pospešuje hidrolizu karbamida. Stoga, ovo jedinjenje ne predstavlja veći problem u ishrani preživara, ukoliko u obroku nisu prisutni izvori neproteinskog azota, u većoj meri. Međutim, utvrđivanje sa-

soja ureaze u soji je značajno jer je u korelaciji sa aktivnošću tripsin inhibitora. Drugim rečima ovde se radi o indikatoru efikasnosti termičke obrade soje.

U soji postoje i goitrogene materije, koje uzrokuju smanjenje inkorporacije joda u prekursore tiroksina i inhibiraju njegovo lučenje. Jednostavnije rečeno, dovode do smanjenja funkcije tireoidee. U sirovom zrnu soje nalaze se i brojna jedinjenja koja se zajednički označavaju imenom anti-vitamini. U ovu grupu antinutritivnih materija spadaju one supstance koje smanjuju ili sprečavaju delovanje vitamina. Prema načinu delovanja anti-vitamini su podeljeni u tri podgrupe:

- jedinjenja koja zbog slične strukture sa vitaminima imaju kompetitivno delovanje u metaboličkim procesima
- jedinjenja koja menjaju strukturu vitamina ili sa njima grade stabilne komplekse usled čega oni postaju neaktivni
- enzimi koji razlažu vitamine.

Sirovo zrno soje sadrži enzim lipoksigenazu koja može učestvovati u razgrađivanju karotina i na taj način direktno doprinositi smanjenju nivoa vitamina A i karotina u krvnoj plazmi. Tako na primer 30% mlevenog sirovog zrna soje u obroku kod teladi može izazvati naglo smanjenje koncentracije vitamina A i karotina u krvnoj plazmi.

Istovremeno određena frakcija proteina iz sirove soje može da izazove rahitis kod ćuraka. Ovaj efekat utvrđen je i kod pilića i svinja, a eliminiše se autoklaviranjem ovog proteina. Efekat se delimično može eliminisati povećanjem vitamina D u obroku za 8-10 puta.

U sirovom grašku, soji, lucerki, pasulju može se identifikovati anti-vitamin E čiji se nepoželjan uticaj manifestuje distrofijom mišića mladih životinja, a može doći i do nekroze jetre.

Radikali fosforne kiseline sa jonima kalcijuma, gvožđa, magnezijuma, cinka i bakra, u zrnu soje, grade soli poznate kao fitati. Fosfor iz ovih jedinjenja se dosta teško koristi, što je manji problem kod preživara zahvaljujući mikrobiotičkom razlaganju fitinske kiseline, u buragu.

Fitinska kiselina je inozitol-heksafosfat, odnosno fitin, tj. Ca/Mg so fitinske kiseline i nalazi se u mnogim žitaricama i leguminozama kao skladišni oblik fosfora i energije gde ova kiselina čini 1% SM ili više i 50-80% fosfora iz biljke je u obliku fitinske kiseline.

Kompleksi fitinske kiseline i mnogih metala, gde se ova kiselina ponaša kao helator nekih jona (cinka, gvožđa, kalcijuma, bakra i drugih) izrazito su stabilni u širokom rasponu pH-vrednosti. Jedan molekul fitinske kiseline može da veže do šest dvovalentnih katjona, uz paralelnu mogućnost intermolekulskog vezivanja dva ili više molekula fitinske kise-

line uz učešće katjona, što objašnjava pojavu simptoma nedostatka nekih minerala (najčešće cinka, gvožđa i mangana) u organizmu životinja, naročito svinja i živine, u slučaju kada su obroci za životinje sastavljeni isključivo na bazi biljnih komponenti. Fitinska kiselina pokazuje sklonost ka formiranju kompleksnih jedinjenja sa nekim makromolekulima, npr. proteinima, čime takođe utiče na sniženje iskorišćenja ovih nutrienata.

Većina žitarica i uljarica sadrži 1-2% fitata, odnosno 60-90% od ukupnog fosfora čini fitinski fosfor u tim biljnim kulturama. Fitinski fosfor je neiskoristiv za brojere, kao uostalom, i za druge vrste monogastičnih životinja, s obzirom da oni ne poseduju fitaze, enzime neophodne za prevođenje fitina u niže fosfatne estere, odnosno mioinozitol. Dodavanje fitaze u obroke za životinje, veoma aktuelno u svetu, kako bi se iskoristio fitinski fosfor i izbegli troškovi vezani za upotrebu dikalcijumfosfata ili nekog drugog mineralnog hraniva kao izvora fosfora za životinje. Ovo zahteva poznavanje sadržaja fitata kako u hranivima, tako i u potpunim krmnim smešama. Najnovija otkrića vezana za antioksidativnu prirodu fitinske kiseline i njen potencijal u lečenju kardiovaskularnih i kancerogenih oboljenja doprinose saznanju o neophodnosti uvođenja brze i jednostavne metode za određivanje sadržaja fitinske kiseline [16].

Fitaza je enzim koji se može dodati u hranu za životinje i tako poboljšati svarljivost fosfora iz fitinske kiseline i drugih hranljivih materija vezanih za fitinsku kiselinu u žitaricama, sačmama iz uljarica i njihovim nus proizvodima.

Dodatkom fitaze smanjuje se potreba za količinom dodatog neorganskog fosfora u hrani za životinje i omogućava preformulaciju obroka uzimajući u obzir povećanje energetske i amino kiselinske svarljivosti hrane koja dovodi do smanjenja cene koštanja. Zbog toga se fosfor smanjeno izlučuje u životnu sredinu.

Termostabilna antinutritivna jedinjenja

Sva napred navedena jedinjenja se odlikuju termolabinošću i mogu se dosta uspešno inaktivirati primenom odgovarajućeg termičkog tretmana zrna soje. Međutim, postoji i manji broj jedinjenja koja se odlikuju visokom rezistentnošću na delovanje visokih temperatura. Na sreću, koncentracija ovih jedinjenja u zrnu soje je znatno niža u poređenju sa termolabilnim jedinjenjima, a i zbog specifičnosti metaboličkih procesa, predstavljaju manji problem za preživare. U ovoj grupi pre svega treba istaći saponine, koji su po svojoj hemijskoj prirodi glikozidi, ali i druga jedinjenja i to na prvom mestu estrogene, faktore nadimanja (flatulacije), alergene i druge.

Određeni proteini semena leguminoza (antigeni proteini) imaju sposobnost da prelaze epitelijalnu barijeru intestinalne mukoze i uzrokuju različite efekte na imunske funkcije farmskih životinja. U slučaju soje antigeni proteini su glicinin i konglicin. Oni su rezistentni na denaturaciju konvencionalnim termičkim postupcima i na delovanje enzima u digestivnom traktu sisara. Antigene komponente izazivaju lokalne i sistemske imunološke reakcije praćene ozbiljnim oštećenjima intestinuma (rezultat su abnormalni pokreti creva, smanjena apsorpcija i predispozicija za dijareju).

Saponini se u zrnevlju soje, pasulja, graška i drugih leptimjača nalaze uglavnom u neznatnim količinama i tragovima. Po hemijskoj prirodi su glikozidi. Saponini su podeljeni u dve grupe: steroidne, koji se pojavljuju kao glikozidi kod npr. *Brachiaria species* (trave) i *Panicum species* (proso) i triterpenoidne saponine koji se pojavljuju kod soje i lucerke. Ovu grupu materija karakteriše izuzetno gorak ukus, penušanje u tečnom rastvoru i hemoliza eritrocita [3]. Hidrolizom glikozida nastaju sapogenini koji su steroidi ili terpenoidi i šećeri. Prisustvo steroida u obrocima za mlade monogastrične životinje može da ima izvestan depresivan uticaj na rast, što nije slučaj kod preživara gde bivaju razgrađeni od strane simbiotske mikroflore. Međutim, primarni biološki uticaj saponina jeste interakcija sa strukturnim komponentama plazma membrane. Pomenuti hidrolizirajući efekat saponina na crvena krvna zrnca odvija se preko interakcije sa holesterolom u membrani eritrocita.

Inače, saponini prisutni u hranivima nisu detaljno izučavani. Najviše se odmaklo u izučavanju saponina prisutnih u lucerki. Živina je znatno osetljivija od svinja na delovanje saponina. Pri učešću 20% lucerkinog brašna u smešama za živinu (0,3% saponina) dolazi do značajnije depresije u porastu, dok isti nivo saponina u hrani za svinje nema negativnog uticaja. Kod ovaca se pojavljuju stanja sa poremećenom funkcijom jetre onda kada konzumiraju biljke koje sadrže steroidne saponine. Nasuprot tome, triterpenoidni saponini iz lucerke smanjuju degradaciju sastojaka hrane u rumenu.

Soja u ishrani preživara

Bilo je pokušaja da se sirova soja koristi u govedarstvu gde se često koristi urea/karbamid. Međutim, sojino zrno sadrži enzim ureazu i u kontaktu sa ureom dolazi do njenog razlaganja, stvara se gas jakog mirisa (amonijak). Zbog tih i još nekih razloga odustalo se od upotrebe sirove soje u govedarstvu. Termičkom obradom razlaže se enzim lipaza, vreme skladištenja se produžava i što je najvažnije kod krava povećava se procenat *by-pass* proteina koji zaobilaze fermentaciju u buragu i time ne

remete mikrofloru, uspostavljenu elektrohemijsku ravnotežu u njemu, pH vrednost u unutrašnjosti buraga, a *by-pass* proteini dolaze direktno u tanka creva gde se razlažu i resorbuju. Napomenimo da nema visoke i ekstremno visoke mlečnosti bez *by-pass* proteina kojih mora biti od 35-40% od ukupne količine proteina koje unese visoko mlečna krava [17].

Aдекватna toplotna obrada pospešuje i postepeno, i sporije oslobađanje ulja iz soje u buragu. To je bitno jer se soja odlikuje visokim sadržajem ulja, a previše brzo oslobađanje ulja u buragu bi imalo veoma nepovoljan uticaj na aktivnost mikroflora. Upravo zato je upotreba sirove soje u ishrani preživara limitirana, čak i uz relativno višu otpornost prema antinutritivnim materijama u poređenju sa nepreživarima.

Velika količina masti dovodi do smanjene aktivnosti mikroflora buraga i posledično, do manje efikasnosti razgradnje vlakana, tj. smanjene produkcije sirćetne kiseline. Konačna posledica je smanjenje sadržaja mlečne masti.

Soja kao hranivo bogato u mastima, ima i specifičan uticaj na mikrofaunu buraga. Nepovoljan uticaj masti na protozoe proučavali su mnogi autori [18], što nalaže dodatnu opreznost kod upotrebe soje u ishrani preživara.

Dominantna komponenta masti u soji su višestruko nezasićene masne kiseline. Izvesne promene u normalnom toku biohidrogenizacije linolne kiseline mogu da dovedu do nastanka takvih izomera, koji se danas smatraju kao glavni faktori smanjenja sadržaja mlečne masti [19,20]. U soji postoji enzim lipaza koji može da dovede do hidrolitičkog oslobađanja slobodnih masnih kiselina iz sojinog ulja. Brojna su istraživanja bila usredsređena na pitanje sadržaja ulja u proizvodima od soje, a kao izvora energije za krave u prvoj i drugoj fazi laktacije. Sve više se ovaj problem sagledava u svetlu iznalaženja adekvatnog tretmana soje i proizvoda od soje, radi postizanja što ujednačenijeg i optimalnijeg intenziteta oslobađanja ulja iz ovih hraniva, u buragu [21]. Svaki termički tretman soje izaziva Maillardove reakcije. Proces se na tretiranom materijalu karakteriše promenom boje u tamniju. U hemijskom smislu, to je neenzimatski proces vezivanja aldehidnih grupa šećera, sa slobodnim amino grupama proteina. Ovako nastala, kompleksna jedinjenja šećera i proteina, otpornija su prema enzimatskoj hidrolizi u poređenju sa normalnim peptidima, što naravno zavisi od visine temperature i vremena trajanja u procesu termičke obrade soje [22]. Na taj način se u većoj ili manjoj meri povećava stepen rezistentnosti proteina na procese razgradnje u buragu. Intenzitet ove reakcije je veći kod nekih šećera, na prvom mestu ksiloze. Ksiloza prodire dublje u biljni materijal i ostvaruje intenzivniju reakciju sa proteinima. Nastali kompleksi ugljenih

hidrata i proteina formiraju opne oko masti. Nastale čestice su promera 0.5-2 μm i postoje u intraruminalnoj sredini. Na ovaj način se utiče i na proteinsku nerazgradivost u buragu, a i na nerazgradivost masti. Ipak, nedostatak ovog procesa je što je dosta skup. Osnovni vid termičke obrade soje je u praktičnom smislu, obično delovanje visoke temperature na biljni materijal. Međutim, postoje i kompleksniji načini termičke obrade soje, a ekstrudiranje je jedan takav proces. Ovaj postupak podrazumeva delovanja vodene pare pod visokim pritiskom i na visokoj temperaturi. Ekstrudiranju se može podvrgnuti kako celo zrno soje, tako i sojina sačma ili pogača. Ekstrudiranje je vrlo agresivna varijanta obrade. U ovom procesu se intracelularne strukture biljnog materijala, unutar kojih se nalaze masti, veoma intenzivno razaraju, pa se prilikom konzumiranja ekstrudirane soje, u buragu veoma brzo oslobađaju relativno velike količine ulja.

Načini obrade soje

U cilju povećanja upotrebe leguminoza razvijen je širok spektar tehnika termičke i hidrotermičke obrade, prženje, tostiranje, ekstrudiranje, kuvanje itd. Proces ekstrudiranja ima niz prednosti s obzirom da podrazumeva kratkotrajan tretman visokom temperaturom, što omogućava degradaciju nutritijenata svedenu na minimum, a denaturacijom proteina i želatinizacijom skroba povećava se svarljivost hrane. Veoma je važno spomenuti i da su nusprodukti i gubici tokom procesa gotovo zanemarljivi, što je, posmatrano sa strane zaštite životne sredine i regulacije pregrade otpadnih materija, naročito bitno.

Neophodno je da stručnjaci koji se bave ekstrudiranjem konstantno prate nove tendencije iz oblasti hrane, kao i da odlično poznaju ovaj vrlo osetljiv proces, jer čak i minimalne promene uslova rada i sastava polaznog materijala, drastično menjaju finalni proizvod.

U pokušaju da se snize troškovi i zaobide termička obrada koja uz neadekvatnu primenu takođe može imati štetno dejstvo na proizvodnju, selekcijom se stvaraju sorte u kojima nivoi inhibitora treba da budu niski i podnošljivi za pilad. Hymowitz [23] je otkrio sojino zrno sa niskim nivoom Kunitz tripsin inhibitora. U svetu postoje sorte soje pod različitim komercijalnim nazivima a koje su bez Kunitz, Bowman-Birkovog tripsin inhibitora ili bez lektina. Proizvodni rezultati dobijeni sa pomenutim sortama soje kao i zaključci u radovima su oprečni i vezani su za osobine datih sorti soje. Tako su Palacios et al. [24] konstatovali bolje proizvodne rezultate kada se genetski poboljšane sorte soje podvrgnu termičkom tretmanu. Na tržištu Srbije prisutna je domaća sorta bez Kunitz tripsin inhibitora pod komercijalnim nazivom "Lana" čije su efekte na proizvodne rezultate

tovnih pilića u svojim istraživanjima ispitali [25]. Zaključak ovih istraživanja se svodi na nemogućnost upotrebe smeša gde je sojina sačma odnosno sojin griz u potpunosti zamenjen sirovom sojom sorte "Lana".

Ogledi sprovedeni na pacovima i pilićima [24-27], nosiljama i svinjama [24] su pokazali da uključivanje sirove soje sa smanjenim nivoom Kunitz tripsin inhibitora u ishrani ima mnogo bolji efekat na telesnu masu u poređenju sa sirovom standardnom sojom, ali ipak značajno slabije u odnosu na ishranu sa termički obrađenom sojom. Takođe, do sličnih zaključaka su u svojim ogledima na svinjama došli [25] gde su proizvodni rezultati i rezultati metaboličkog ogleda u grupama na sirovoj soji sa nižim nivoom Kunitz tripsin inhibitora dali bolje vrednosti u odnosu na grupu kojoj je u ishrani bila uključena sirova soja sa standardnim nivoom tripsin inhibitora. Rezultati u pomenutim oglednim grupama su bili značajno lošiji u odnosu na grupe koje su konzumirale soju gde je primenjen termički tretman.

Napomena

Rad je urađen u okviru Projekta TR 31034, koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Vlade Republike Srbije.

Literatura:

1. Marković Radmila, Todorović Milica, Radulović S, Jovanović D, Petrujković B, Baltić ŽM, Šefer D. 2011. Antinutritivne materije biljnog porekla u hrani za životinje. Zbornik referata i kratkih sadržaja 22. Savetovanja veterinarara Srbije, Zlatibor, 2011, 144-158
2. Cheeche, P.R. and Shull, L.R. 1985. *Natural Toxicants in Feeds and Livestock*. AVI Publishing Inc. West Port, Connecticut.
3. Marković R., Petrujković B., Šefer D. 2010. *Bezbednost hrane za životinje*. Fakultet veterinarske medicine.
4. United States Department of Agriculture, <http://www.ars.usda.gov>
5. Osborne, T.B. and L.B. Mendel. 1917. The use of soybeans as food. *J. Biol. Chem.* 32:369-387.
6. Adamović, M., Radovanović, M., Grubić, G., Jovanović, R., Radomir, B. (1997): Novija saznanja o uticaju nepoželjnih materija u sirovom zrnju soje na proizvodne sposobnosti i zdravlje životinja. XI savetovanje agronoma i tehnologa. Zbornik naučnih radova. Vol. 3. Br. 1. 359-365.
7. Friedman, M., Brandon, D.L., Bates, A.H., Hymowitz, T. 1991. Comparison of a commercial soybean cultivar and an isoline lacking the Kunitz trypsin inhibitor: composition, nutritional value and effects of heating. *J. Agric. Food Chem.* 39, 327-335.
8. Beuković, D., Beuković, M., Ljubojević, D. 2010. Efekat antinutritivnih faktora u sirovom zrnju soje na proizvodne karakteristike pilića u tovu. XXIV Savetovanje agronoma, veterinarara i tehnologa, Vol. 16, br. 3-4, 143-154.
9. Kunitz, M. 1945. Crystallization of a trypsin inhibitor from soybean. *Science* 101, 668-669.

10. Bowman, D.E. 1944. Fractions derived from soy beans and navy beans which retard triptic digestion of casein. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 57, 139-140.
11. Soetan, K.O. 2008. Pharmacological and other beneficial effects of antinutritional factors in plants A review. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 7, 25, 4713-4721.
12. Ren, M.K., Kuhn, G., Wegner, K. And J.Chen. 2001. Isoflavones, Substances with Multi-Biological and Clinical Properties. *Eur. J. Nutr.*, 40, 135-146.
13. Jeong, H.J., Park, H.J., Lam, Y. And de Lumen. B.O. 2003. Characterization of Lunasin Isolated from Soybean. *J.Agric.Food Chem.*, 51, 7901-7906.
14. Gonzales de Mejia, E., Bradford, T. And C.Hasler. 2003. The Anticarcinogenic Potential of Soybean Lectin and Lunasin. *Nutrit. Rev.* 61, 239-246.
15. Olimpia Colibar. 2006. Some treatment for soya beans antinutritive factors inactivation. *Banat University of Agricultural Science and Veterinary Medicine, Timisoara, Romania*, pp.429.
16. Barać, M., Slađana Stanojević, Pešić Mirjana. 2005. Biologically active components of soybeans and soy protein products. *Acta Periodica Technologica*, 36,1-266.
17. Radivojević M, 2010. Efekti ishrane proizvodima od soje na proizvodne rezultate visokomlečnih krava. *Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu*
18. Hristov, A.N., Ivan, M., McAllister, T.A. (2004): In vitro effects of individual fatty acids on protozoal numbers and on fermentation products in ruminal fluid from cattle fed a high-concentrate, barleybased diet. *J Anim Sci.* 82:2693-2704.
19. Bauman, D.E., Griinari, J.M. (2001): Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livestock Prod. Sci.* 70:15-29.
20. Grubić, G., Đorđević, N., Stojanović, B. (2007): Uticaj obroka na smanjenje procenta mlečne masti. *Zbornik naučnih radova. XXI savetovanje agronoma, veterinara i tehnologa.* Vol. 13. br. 3-4. 21-32. Beograd.
21. Radivojević, M., Adamović, M., Grubić, G., Stojanović, B., Radomir, B. (2008): Novija saznanja o značaju soje u ishrani goveda. *Biotechnology in animal Husbandry. 18th symposium on innovation in animal science and production.* Vol. 24. spec.issue. Belgrade.
22. Adrian, J. (1974): Nutritional and physiologic consequences of the Maillard reaction. *World Rev. Nutr. Dietetics.* 19:71.
23. Hymowitz, T. 1986. Genetics and breeding of soybeans lacking the Kunitz trypsin inhibitor. Pages 291-298 in *Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods.* M.Friedman, ed. Plenum Press, New York, NY
24. Palacios, MF, R. A. Easter, K. T. Soltwedel, C. M. Parsons, M. W. Douglas, T. Hymowitz, J. E. Pettigrew (2004): "Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs." *J Anim Sci* 82:1108-1114.
25. Beuković, D., M. Beuković, and D. Ljubojević (2010): "Efekat antinutritivnih faktora u sirovom znu soje na proizvodne karakteristike pilića u tovu." *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik (Institut PKB Agroekonomik)* 16. no. 3-4: 143-154.
26. Douglas, W., C Parsons, and T. Hymowitz. (1999): "Nutritional evaluation of lectin-free soybeans for poultry." *Poultry Science* 78, no. 1 91.
27. Beuković, D., M. Beuković, Ljubojević D., D. Glamočić, Bjedov, S. and Stanačev V. (2011): "Comparison of production parameters of broilers fed on diets containing raw soy with low and standard levels of KTI." *22 International Symposium Food safety production "Zdravstveno bezbedna hrana" Trebinje, Zbornik radova,* 127-129.

Antinutritive Substances - Permanent Danger in Feed Production

R. Marković, S. Radulović, D. Jovanović i M. Todorović

Certain substances in food and feed for animal nutrition can significantly diminish their nutritional value. In most cases, these substances cause reduced animal growth, poorer feed conversion, various hormonal changes and occasional damage to various organs. It is very important to know how to identify them, and the procedures for their inactivity in order to preserve the maximal nutritive value. Anti nutritive factors can be classified in several ways: factors that interact with protein foods, which interfere with the process of exploitation of minerals and vitamins, thermo labile and thermo stabile. In animal nutrition and particularly in those with high genetic potential, today are very interesting feeds that are rich in biologically highly valuable proteins with solid or good energy concentration. This group includes, first of all, legumes (soybeans, lupins, peas, beans, broad beans, lentils, beans, etc..) and related products based on them. The biological value of these nutrients is such that allows partial, and in some types and categories of animals complete substitution of expensive animal protein sources, which makes this feed actual, and from an economic point of view. However, despite the high value of ingredients, specially in this feeds has been detected a large amount of anti nutritive substances (such as trypsin and himotrypsin inhibitors, the enzyme urease, etc..) that reduce the biological value of these nutrients. In order to increase their use in animal diets, today there has been developed a wide range of techniques of thermal and hydrothermal treatment, roasting, toasting, extrusion, cooking, etc. It is essential that professionals involved in these activities constantly follow new trends in the field of food, as well to have an excellent knowledge of this very sensitive process, because even minimal changes in working conditions and the composition of the starting material, drastically alter the final product.

Key words: antinutritive factors, soybean

H

Dr E
or
Fa

CIP - Katalogizacija u publikacijama
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

636.09(082)

**СЕМИНАР за иновације знања ветеринара
(34 ; 2013 ; Београд)**

Zbornik predavanja sa XXXIV Seminara za inovacije
znanja veterinaru, Beograd, 8. februar 2013 / [redaktor
Velibor R. Stofic]. - Beograd : Naučna KMD, 2013
(Beograd : Naučna KMD) - 221 str. : ilustr. ; 24 cm

Na vrhu nasl. str.: Univerzitet u Beogradu, Fakultet
veterinarske medicine. - Tiraž 500. - Bibliografija uz
svaki rad. - Summaries. - Registar.

ISBN 978-86-6021-066-3

a) Ветерина - Зборник
COBISS SR-ID 196450060