

PREGLEDNI RAD – REVIEW PAPER

UDK 636.4:636.087.7

PRIMENA ENZIMA U ISHRANI SVINJA*
USING ENZYMES IN SWINE NUTRITION

Z. Sinovec, D. Šefer**

Razvoj biotehnologije doprineo je pojavi prirodnih alternativa koje ispunjavaju i zadovoljavaju visoko postavljene zahteve samog organizma, potrošačkog lobija, novih zakonskih regulativa i pokreta za zaštitu životne sredine. U nizu alternativnih rešenja najčešće se pominju enzimi. Cilj dodavanja enzima je dopuna aktivnosti endogenih enzima svinja, otklanjanje antinutritivnih materija iz pojedinih hraniva (β -glukani, fitati), povećanje energetske i hranljive vrednost hraniva na osnovu veće dostupnosti pojedinih hranljivih materija za resorpciju, kao i smanjivanje izlučivanja neiskorišćenih hranljivih materija u spoljašnju sredinu.

Primena enzima sa svojim inovativnim rešenjima i fleksibilnim alternativnima predstavlja mogućnost izbora postizanja optimalnih proizvodnih rezultata i zadovoljavajućeg zdravstvenog stanja u intenzivnom uzgoju svinja koji se, u ovom slučaju, zasniva na prirodnim mehanizmima kao osnovi za proizvodnju zdrave i bezbedne hrane za ljude. Korišćenje enzima mora da nađe svoje mesto, prvenstveno u pogonima za proizvodnju hrane za životinje, ali mora da se zasniva na visokom stručnom i profesionalnom pristupu pri izboru vrsta enzima u odnosu na ciljni supstrat.

Ključne reči: svinje, ishrana, enzimi

Uvod / Introduction

Intenzivna proizvodnja svinja, sa jasno izraženim trendom rasta, suočava se sa dva veoma različita zahteva. S jedne strane, proizvođači zahtevaju jeftiniju proizvodnju zasnovanu na nižoj ceni hrane i boljim proizvodnim rezultatima, a sa druge strane, veoma razvijeni „konzumerizam” insistira na kvalitetu proizvoda, ali i na dobrobiti industrijski držanih životinja [21].

* Rad primljen za štampu 21. 5. 2004. godine

** Dr Zlatan Sinovec, profesor, dr Dragan Šefer, docent, Katedra za ishranu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

Primena biotehnologije poslednje dve decenije zauzima visoko mesto, a sigurno je da će i u narednim godinama da ima najznačajniju ulogu u svim segmentima poljoprivrede, pa i u svinjogojstvu što se, pored genetike (nove linije) i zdravstvenog stanja životinja (vaccine, antibiotici), naročito odnosi na ishranu (aditivi).

Aditivi / Additives

U svetlu aktuelnih razmišljanja svetskog potrošačkog lobija, a poštujući proizvodne prioritete (bolje iskorišćavanje hrane, duža održivost i lakša manipulacija) sa konačnim ciljem povećanja proizvodnje i poboljšanja kvaliteta namirnica životinjskog porekla, pored osnovnih hraniva u smeše se dodaje veliki broj aditiva koji imaju različite namene. Aditivi (pronutritivne materije) opisuju se kao supstancije koje, dodate drugim u malim količinama, potenciraju korisne, a suprimiraju štetne efekte. Industrijsku proizvodnju stočne hrane prati stalno povećanje broja raznih aditiva tako da se danas koristi veliki broj različitih dodataka sa tendencijom stalnog povećanja.

Pronutritivne materije, u užem smislu, obuhvataju raznovrsne materije koje ne smeju da budu škodljive, a moraju da ispolje efikasnost u smislu namene. Prema evropskoj klasifikaciji postoji oko 300 registrovanih aditiva podeljenih u 14 grupa [11] koji u poslednje vreme privlače veliku pažnju naučne i stručne javnosti. U osnovi, sve pronutritivne materije u potpunosti odgovaraju osnovnim uzansama biotehnologije i imaju za cilj očuvanje zdravlja životinja uz povećanje proizvodnje namirnica životinjskog porekla bez štetnih i negativnih efekata. Sam razvoj biotehnologije doprineo je pojavi prirodnih alternativa koje ispunjavaju i zadovoljavaju visoko postavljene zahteve samog organizma, potrošačkog lobija, novih zakonskih regulativa i pokreta za zaštitu životne sredine. Ipak u nizu alternativnih rešenja u novijoj svetskoj literaturi i praksi najčešće se pominju sredstva za bolje iskorišćavanje hrane, a posebno enzimi.

Sredstva za bolje iskorišćavanje hrane / Substances for better utilization of feed

Enzimi, kao i pozitivni efekti primene u cilju poboljšanja hranljive vrednosti obroka, poznati su već godinama. Međutim, njihovo prihvatanje i masovna upotreba u industriji stočne hrane dešava se tek poslednjih godina. Na primer, u Velikoj Britaniji hrana za brojlere 1988. godine nije sadržavala enzime, a 1993. više od 95 posto smeša sadrži ovaj aditiv [26].

Cilj dodavanja enzima je dopuna aktivnosti endogenih enzima, otklanjanje antinutritivnih materija iz pojedinih hraniva (β -glukani i fitati), povećanje energetske i hranljive vrednosti hraniva na osnovu veće dostupnosti pojedinih hran-

ljivih materija za resorpciju, kao i smanjivanje izlučivanja neiskorišćenih hranljivih materija u spoljašnju sredinu. Danas su, kao dodaci hrani, od praktičnog značaja enzimi [4] celulolitičkog enzimskog kompleksa (celulaza i pektinaza), kompleksa NSP (β -glukanaza, ksilanaze, β -galaktozidaza), proteaze, amilaze i fitaza.

Značaj i efikasnost korišćenja enzima u ishrani [13] proističe, ne samo iz poznavanja fizioloških osobenosti ishrane svinja, već i iz poznavanja oblika i količine pojedinih hranljivih i antinutritivnih materija u hranivima biljnog porekla [10].

Istorijat primene enzima u ishrani / *History of enzyme use in nutrition*

Saznanja o enzimima datiraju od početka 19. veka. Naime, 1814. godine Kirgof je otkrio amilazu, a 1833. godine Pazen i Persoze su izolovali supstanciju sposobnu da prevede škrob u šećer i nazvali je dijestaza [32]. Lois Pasteur je u drugoj polovini 19. veka ukazao na značaj alkoholnog vrenja, a Eduard Buchner je iz kvasca izolovao enzim koji je fermentisao šećer u alkohol i ugljen-dioksid. Sumner je 1926. godine prvi kristalizovao izolovanu ureazu u čistoj formi, a 1930. godine Northrop je kristalizovao pepsin, tripsin i himotripsin. De facto, od tada počinje ozbiljnija proizvodnja enzima koji se koriste za potrebe prehrambene, tekstilne i kožarske industrije i proizvodnju deterdženata, kao i dodataka stočnoj hrani. Pionirska istraživanja u oblasti korišćenja enzimskih dodataka u ishrani životinja vezuju se za tridesete godine ovoga veka kada su i objavljeni prvi radovi i dobijeni rezultati. Nešto kasnije [19] preporučuje se komercijalna upotreba i dodavanje pepsina hrani za rano odbijenu prasadi na bazi proteina soje. Međutim, povećan interes za korišćenje enzima kao dodataka stočnoj hrani javlja se tek sedamdesetih godina kada se pred životinje postavlja sve veći broj viših zahteva u pogledu proizvodnje i proizvodnih svojstava. Tako je u periodu od 1970. do 1984. godine nađeno 120 referenci koje se odnose na dodavanje enzima hrani za različite vrste domaćih životinja [7].

Dopuna aktivnosti endogenih enzima / *Addition to activities of endogenous enzymes*

Osnovni smisao korišćenja enzima u ishrani životinja leži u činjenici da je enzimski sistem gastrointestinalnog trakta mladih životinja, posebno prasadi, nedovoljno razvijen [17]. Činjenica je da kod prasadi do uzrasta od pet nedelja nema u dovoljnim količinama enzima važnih za varenje i iskorišćavanje hrane koja se nudi prasadima već od 10. dana života (tabela 1). Lučenje i aktivnost amilaze, maltaze i saharaze razvija se postepeno, dok se lučenje laktaze istovremeno smanjuje. Lučenje tripsina se uglavnom podudara sa lučenjem navedenih enzima [31].

Tabela 1. Status i razvoj aktivnosti enzima digestivnog trakta prasadi
 Table 1. Status and development of enzyme activity in swine digestive tract

Enzim / Enzyme	Aktivnost pri partusu / Activity during partus	Razvoj / Development
Amilaza pljuvačke / Saliva amylase	neznatno / slight	raste do 2-3. nedelje, zatim pad / growth until 2 nd -3 rd week, then drop
Pepsin / Pepsin	postoji/ exists	rast do 7. dana, zatim pad do 4. nedelje / growth until 7 th day, then drop until 4 th week
Tripsin / Trypsin	veoma izdašna / very expressed	privremen rast do 8. nedelje (4x) / temporary growth until 8 th week (4x)
Amilaza P / Amylase P	neznatna / slight	raste do 35. dana i dalje / growth until 35 th day and on
Lipaza P / Lipase P	izdašna / expressed	postepeno raste do 28. dana i dalje / gradual growth until 28 th day and on
Maltaza P / Maltase P	veoma mala / very small	zadržava nivo, bez značaja / retain level, without significance
Laktaza / Lactase	veoma izdašna / very expressed	od 2. nedelje pada do 4-5. nedelje / from 2 nd week drop until 4 th -5 th week
Maltaza C / Maltase C	veoma neznatna / very slight	raste do 35-42. dana (max) / growth until 35 th -42 nd day (max)
Saharaza / Saccharase	veoma neznatna / very slight	raste do 28. dana (max) / growth until 28 th day (max)

Adaptacija proteolitičkih enzima povezana je sa uvođenjem biljnih proteina u obrok [31], a kod karbohidraza postoji pouzdano utvrđena adaptacija sa dobom života, kao i sa izmenama prisutnih ugljenih hidrata u hrani. Sadržaj pepsina u želucu prasadi do treće nedelje života vrlo je mali, a zatim se naglo povećava. Aktivnost tripsina u pankreasu i crevnom sadržaju u odnosu na masu pankreasa, veoma je niska 29. dana života prasadi, da bi se do 50. dana povećala 20 do 40 puta [14]. U isto vreme, sadržaj himotripsina je takođe nizak, ali se znatno povećava već 42. dana života. Aktivnost pankreasne amilaze se povećava od 14. dana i značajnije količine su prisutne tek posle 33. dana, a pepsina tek od 49. dana života.

U vezi sa razvojem enzimskog sistema prasadi i svarljivost pojedinih hranljivih materija je relativno mala. Tako je navedena svarljivost proteina pojedinih hranjiva (tabela 2), pri čemu treba podvući da je svarljivost ostalih hranljivih materija još manja [20].

Tabela 2. Svarljivost proteina iz različitih hraniva, % /
Table 2. Digestibility of protein from different feed, %

Doba života / Age	Obrano mleko / Skimmed milk	Sojina sačma / Soybean meal	Riblje brašno / Fish flour
3-4. nedelja / 3-4 weeks	84	80	79
5-6. nedelja / 5-6 weeks	85	82	79
7-8. nedelja / 7-8 weeks	89	88	87

Povećanje hranljive vrednosti / Increasing nutritive value

Ugljeni hidrati su primarni izvor energije, a u uobičajenim obrocima za svinje zastupljeni su i više od 70 posto SM. Ugljeni hidrati predstavljaju kompleksne sastojke koji su različite strukture i poseduju različite osobine [1]. Mogu da se podele na nekoliko frakcija: 1) mono- i disaharide (glikoza, fruktoza i laktoza); 2) oligosaharidi (rafinoza i stahioza); 3) deponovane polisaharide (skrob); 4) deponovane polisaharide u ćelijskom zidu (manani i galaktani) i 5) strukturne polisaharide u ćelijskom zidu (celuloza, pektini, arabani, ksilani i β -glukani). Enzimski sistem životinja prilagođen je za varenje i iskorišćavanje mono- i disaharida (glikoza, fruktoza, laktoza), kao i deponovanih polisaharida (skrob), dok za preostale ugljene hidrate ne postoje enzimi. Pored navedenog, u ćelijskom zidu, zajedno sa ugljenim hidratima, smešten je i lignin, a ove frakcije se označavaju kao ukupna vlakna ili sirova celuloza.

Neskrobnii polisaharidi (NSP), prisutni u biljnim hranivima, potiču prvenstveno iz ćelijskih zidova (grupe 4 i 5) i sadrže širok spektar polisaharida [29]. Od sastava polisaharida, naročito sadržaja NSP rastvorljivih u vodi, zavisi svarljivost (tabela 3), odnosno podesnost hraniva za ishranu.

Tabela 3. Sadržaj i svarljivost NSP iz različitih hraniva
Table 3. Content and digestibility of NSP from different feed

	Hranivo / Feed					
	Sojina sačma / Soybean meal	Sunc. sačma / Sunflower meal	Ječam / Barley	Pšenica / Wheat	Pšen. mekinje / Wheat bran	Gluten / Gluten
NSP, % / NSP, %	20	28	15	10	34	31
Svarljivost, %/ Digestibility, %	0	17	14	12	9	7

Polisaharidi mogu da budu relativno prosti kao što su β -glukani (linearni polimeri glikoze vezani $\beta(1-4)(1-6)$ vezama), zatim složeniji kao što su arabinoksilani (polimeri arabinoze i ksiloze razgranate strukture), kao i veoma složeni koji se nalaze u leptirnjačama (dugački $\beta(1-4)$ bočni lanac vezan za polimer ramnoze i galakturonske kiseline (sličan pektinu) vezanih $\beta(1-4)$ i $\alpha(1-2)$ vezama uz postojanje bočnih lanaca arabinoze vezane $\alpha(1-5)$ vezama).

NSP nisu izolovane materije, već se nalaze u bliskoj vezi sa drugim komponentama ćelijskog zida i mogu da moduliraju njihovo dejstvo. Ćelijski zid je bifazne strukture sa mikrofibrilama celuloze koje formiraju čvrst skelet uklopljen u želatozni matriks sastavljen od polisaharida i glikoproteina [1]. Sa fazom vegetacije biljke, lignin inkrustrira mikrofibrile celuloze. I dok se mikrofibrile celuloze malo razlikuju između biljaka, vrsta i količina polisaharida pokazuje značajne razlike (tabela 4). U pšenici i raži prevlađuju arabinoksilani, a u ječmu i ovsu β -glukani.

Tabela 4. Sadržaj NSP u nekim hranivima /
Table 4. NSP content in some feed

Hranivo / Feed	NSP, ukupni g/kg SM / NSP, total g/kg DM	Pentozani / <i>Pentosanes</i>		β -glukani / <i>β-glucanes</i>	
		g/kg SM / g/kg DM	%	g/kg SM / g/kg DM	%
Pšenica / <i>Wheat</i>	90	12,0	13,3	4,3	4,8
Raž / <i>Rye</i>	117	36,2	30,9	16,7	14,3
Ječam / <i>Barley</i>	153	12,4	8,1	39,6	25,9
Ovas / <i>Oats</i>	208	5,7	2,7	28,2	13,6
Kukuruz / <i>Maize</i>	86	2,3	2,7	1,2	1,4
Mekinje pšen. / <i>Wheat bran</i>	278	23,5	8,5	29,7	10,7
Sojina sačma / <i>Soybean meal</i>	204	16,8	8,2	0,5	0,2

Unošenjem NSP-a u digestivni trakt svinja nastaje delimično rastvaranje sa posledičnom izmenom fizičko-hemijskih uslova varenja [25]. S obzirom da se radi o veoma dugačkim nerazgranatim ili slabo razgranatim molekulima polisaharida za čije razlaganje svinje ne luče enzime, stvaraju se izrazito viskozni rastvori. Poremećaj viskoziteta himusa vezan je za direktnu interakciju polisaharida sa vodom, a povećanjem sadržaja u himusu polisaharidi međusobno reaguju i stvaraju svojevrsnu mrežu u koju se uklapaju molekuli vode. Formiranje gela je rezultat postojanja velikog broja veza između polisaharida.

NSP poseduju značajan kapacitet za vodu. Nerastvorljive forme, kao što su celuloza i ksilani, ponašaju se kao suđeri, dok rastvorljive forme mogu da zarobe vodu u nastaloj mreži, što je posebno izraženo pri formiranju gela.

S obzirom na to da su polisaharidi naelektrisane (pozitivno, retko negativno), slabo hidrofobne i slabo hidrofilne površine, u rastvoru pokazuju afinitet prema vezivanju za druge strukture kao što su čestice hrane, površine lipidnih micela i glikokaliksa sluznice, što dodatno smanjuje svarljivost hranljivih materija. Neki NSP, kao pektini, mogu da vežu katjone jonskim vezama, a njihova stereo-struktura omogućava stvaranje helata. Pored navedenog, katjoni mogu da formiraju jonske veze sa drugim hranljivim materijama, čime smanjuju svarljivost, ili sa drugim polisaharidima čime intenziviraju stvaranje gela. Manji molekuli mogu da budu slabo vezani za polisaharide preko hidrofilnih ili hidrofobnih veza.

Povećan viskozitet himusa digestivnog trakta uslovljava otežanu difuziju čestica, smanjenu resorpciju hranljivih sastojaka i usporenu pasažu crevnog sadržaja [3]. Pored toga, galaktozidi, prisutni u većim količinama u sojinom zrnu i sačmi, fermentiraju u debelom crevu u isparljive masne kiseline i gasove čime se povećava odavanje energije, a mogu da izazovu antinutritivne efekte kao što su nadutost ili otežano varenje [6].

Primenom enzima koji razlažu NSP kompleks, omogućava se perforiranje ćelijskih zidova i dostupnost „zarobljenih” hranljivih sastojaka unutar njih digestivnim enzimima, a istovremeno, hidrolizom NSP-a povećava se i njihova iskoristivost, odnosno hranljiva vrednost hrane.

Skrob predstavlja veliki polimer sastavljen od molekula glikoze koji formiraju linearan lanac (amilazu) sa bočnim granama (amilopektin). U lancima amilaze i amilopektina jedinice glikoze su vezane $\alpha(1-4)$ vezama, ali su na mestima račvanja, koja se javljaju na svakih 20-30 glikoza jedinica, vezani $\alpha(1-6)$ vezama. Upravo ova mesta, odnosno veze su rezistentne na mnoge amilaze [2].

Pored toga, skrob se u biljkama javlja u sitnim, diskretnim granulama (skrobna zrnca) koje su vrlo rezistentne na penetraciju vode i hidrolitičkih enzima, jer se unutar skrobnog zrnca, kao i između skrobnih zrnaca, stvaraju vodonične veze. S obzirom na značaj i količinu potrebne energije, zrna žita, koja sadrže skrob i više od 80 posto SM, čine više od 50 posto obroka za sve kategorije svinja. Uz to, da bi se obezbedila energija, u hranu se dodaje veliki broj aditiva koji povećava potrošnju hrane kako bi se obezbedila dodatna količina energije. Upravo velika količina hrane ubrzava pasažu himusa kroz digestivni trakt čime se skraćuje vreme kontakta enzim-supstrat, odnosno smanjuje se svarljivost.

Iz navedenih razloga, iako većina životinja sintetiše amilaze i poseduje značajnu aktivnost amilolitičkih enzima, preporučuje se da se koristi α -amilaza u svim smešama namenjenim visoko-proizvodnim kategorijama svinja, čiji su obroci sastavljeni na bazi žitarica.

Masti se, zbog veoma visokih potreba u energiji, dodaju u hranu za prasad u porastu i krmače u laktaciji. Iako kao izvor energije imaju prednosti nad ugljenim hidratima (pojedine frakcije slabo iskoristive), jer oslobađaju 2,25 puta veću količinu energije po masenoj jedinici, ipak nisu dovoljno efikasne u procesima oslobađanja energije. Masti se emulzifikuju sa žuči i žučnim kiselinama, a zatim razlažu na glicerol i masne kiseline posredstvom pankreasne lipaze. Među-

proizvodi stvaraju micelle koje se resorbuju kroz crevni zid i u ćelijama se konvertuju u trigliceride i to u obliku rastvorljivom u vodi. Tek zatim, prvo preko limfe, a zatim i putem krvi, dospevaju u jetru u kojoj oslobađaju energiju u procesu β -oksidacije.

Enzimski sistem životinja prilagođen je za varenje i iskorišćavanje masti [7], ali je potrebno da se istakne da se sadržaj masti u uobičajenim hranivima ili obroku kreće oko 3-4 posto, dok intenzivan uzgoj svinja zahteva, u pojedinim slučajevima, i znatno veće količine. Uvođenje veće količine masti u ishranu svinja, s obzirom na smanjenu svarljivost, može da izazove probleme u varenju sa posledičnom steatorejom. Zato se preporučuje korišćenje lipaza u svim smešama namenjenim svinjama, čiji su obroci sastavljeni uz korišćenje masti.

Proteini su, na prvom mestu, gradivne supstancije pre svega mišićnih, ali i ostalih ćelija i tkiva, a pored toga, kao funkcionalne materije, neophodni su za održavanje života, rast, varenje hrane i imunski odgovor. Amino- kiseline su osnovna gradivna i funkcionalna jedinica proteina, a da bi ispoljile svoje fiziološko dejstvo neophodno je da se resorbuju posle digestije u intestinalnom traktu. Različita svarljivost proteina je, između ostalog, vezana i za prisustvo dovoljne količine endogenih proteaza, kao i za stereo-strukturu proteina u obroku. Takođe, prisustvo antinutritivnih faktora u obroku i brzina pasaže ingesta, kao i uslovi u samom intestinalnom traktu, bitno utiču na varenje i resorpciju amino-kiselina.

Proteaze se koriste kao aditivi uglavnom u obrocima koji su namenjeni mladim ili bolesnim životinjama radi dopune endogenog enzimskog sistema. Novija istraživanja ukazuju na mogućnosti nekih mikrobnih proteaza da hidrolizuju inhibitore endogenih proteaza i lektin iz soje [6], ali nemaju specifično dejstvo na ove supstrate već hidrolizuju i druge proteine. Takođe, nije utvrđen ni tačan mehanizam pomoću koga proteaze povećavaju hranljivu vrednost obroka. Dalja istraživanja potencijalnih supstrata, kao što su slabo raspoloživi proteini, proteinski antinutritivni faktori i proalergenski proteini, mogu da dovedu do razvoja enzima sa specifičnim dejstvom na ove antinutritivne faktore u obrocima za monogastrične životinje [33].

Najveći deo smeša čine žita pa je pažnja prvenstveno usmerena na korišćenje NSP-enzima, ali je potrebno da se istakne da se malo pažnje posvećuje preostalom delu od 25 do 35 posto koji obezbeđuje proteine, prvenstveno biljnog porekla [14]. U ćelijskom zidu proteinskih hraniva biljnog porekla postoji oko 10-30 posto strukturnih proteina koji su inkapsulirani u polisaharidnom matriksu i time relativno ili apsolutno nedostupni životinjama. Za razliku od žitarica, u ćelijskom zidu leptirnjača i uljarica fibrilarni polisaharidi (celuloza) su, pored rastvorljivih polisaharida (hemiceluloza – nerazgranati ili slabo razgranati polisaharidi kao što su glukani, ksilani, manani), uklopljeni u matriks pektinskih supstancija (galaktouronani, galaktani, arabinani, arabinogalaktani sa veoma razgranatim lancima). Pektinske materije imaju sposobnost da izrazito povećavaju viskozitet, čime negativno utiču na svarljivost proteina i drugih hranljivih materija. S obzirom na izložene činjenice, preporučuje se kombinovana upotreba celulolitičkih en-

zima u kombinaciji sa proteazama radi povećanja svarljivosti, mada mora da se naglasi da je specifični supstrat polisaharida leptirnjača i uljarica nedovoljno izučen [24].

Fosfor učestvuje u mnogo više metaboličkih procesa nego i jedan drugi mineral, a hraniva, posebno biljnog porekla, sadrže vrlo različite količine fosfora. Zrnasta hraniva i sporedni proizvodi dobijeni preradom zrna, posebno mekinje, relativno su dobri izvori fosfora. U većini biljnih hraniva fosfor se nalazi u organskoj formi (50-80% ukupnog fosfora), i to u fitinskoj formi koja nije iskoristiva pre svega za monogastrične životinje [25]. Fitati (soli fitinske kiseline) prisutni su u žitaricama, leguminozama i uljaricama koja čine i do 60 posto obroka svinja, tako da se u kompletnim smešama više od 60 do 80 posto fosfora nalazi u fitinskoj formi [18]. Generalno, u zavisnosti od hraniva u kome se nalazi, iskoristivost fitinskog fosfora je svega do 40 posto (tabela 5). Pored toga, fitinska kiselina je sposobna da stvara nerastvorljive komplekse i sa drugim mineralima i hranljivim materijama, što znatno umanjuje njihovu iskoristivost, odnosno hranljivu vrednost hrane [23].

Tabela 5. Sadržaj fosfora u različitim hranivima
Table 5. Phosphorus content in different feed

Hranivo / Feed	P ukupni, g/kg SM / P total, g/kg DM	Fitinski P, g/kg SM / Phytin P, g/kg DM	Fitinski/ ukupni P, % / Phytin/total P, %	Svarljivost P, % / Digestibility P, %
Kukuruz / Maize	3,2	2,1	65,6	17
Ječam / Barley	4,4	2,8	63,6	39
Pšenica / Wheat	4,1	2,9	70,7	47
Grašak / Peas	4,8	2,4	50,0	45
Pšen. mekinje / Wheat bran	12	9,6	80,0	28
Sojina sačma / Soybean meal	7,3	4,2	57,5	38
Sunc. sačma / Sunflower meal	11,6	8,9	76,7	16

Iz hraniva mineralnog i životinjskog porekla fosfor se iskoristi i do 90 posto, dok je njegova iskoristivost iz fitinske forme, u kojoj je prisutan u biljkama, do 40 posto. Niska dostupnost hranljivih materija vezanih u obliku fitata dovodi do dva veoma značajna problema u proizvodnji:

- potrebe dodavanja neorganskih izvora mineralnih materija (pre svega fosfora), i ostalih hranljivih materija u obroke da bi se obezbedile potrebe svinja i
- izlučivanja velikih količina fosfora i drugih hranljivih materija u okolinu putem stajnjaka.

Fitinska kiselina je veoma negativno naelektrisana (šest reaktivnih fosfornih grupa) i u širokom rasponu pH vrednosti ima snažan potencijal stvaranja kompleksa i vezivanja pozitivno naelektrisanih molekula i proteina, kada je pH vrednost niža od izoelektrične tačke proteina. Fitati (kalcijumove soli fitinske kiseline), fitin (kalcijumova/magnezijumova so fitinske kiseline) i slobodna kiselina su oblici u kojima se nalazi fitinska kiselina, u zavisnosti od fiziološke pH vrednosti i prisutnih jona metala [22]. Vezivanje katjona i stvaranje helata je moguće između ili unutar fosfatnih grupa, ili čak između istih ili različitih molekula fitinske kiseline [15]. U digestivnom traktu životinja, fitinska kiselina utiče na metaboličke procese, pošto reaguje sa sastojcima crevnog sadržaja stvarajući nerastvorljive komplekse.

Radi razgradnje kompleksa fitinske kiseline i oslobađanja fosfora, odnosno smanjenja potrebne količine neorganskog fosfora dodaje se enzim fitaza. Efikasnost fitaze u ishrani svinja zavisi od više činilaca, a najznačajniji su: količina upotrebljene fitaze, sadržaj ukupnog i fitinskog fosfora u obroku, sadržaj kalcijuma i odnos Ca:P u smešama, aktivnost biljne fitaze, kao i tehnološki proces proizvodnje stočne hrane, odnosno primena termičkog tretmana. S obzirom na lokalizaciju fitata u aleuronskom sloju preporučuje se kombinovana upotreba celulolitičkih enzima kao β -glukanaze i pentozonaza u kombinaciji sa fitazom radi povećanja aktivnosti endogene fitaze u digestivnom traktu.

Praktična primena enzima / *Practical use of enzymes*

Primena enzima u praksi proističe upravo iz problema koji se javljaju u ishrani svinja. Dok s jedne strane, nerazvijeni enzimski sistem rano odbijene prasadi onemogućava optimalno korišćenje obroka na bazi proteina biljnog porekla, sa druge strane se nameće potreba što ranijeg prelaska prasadi na jednostavnije obroke, bez proteina životinjskog porekla, kako bi se povećala ekonomičnost proizvodnje.

Zamenom mleka u prahu drugim proteinskim hranivima postižu se zadovoljavajući proizvodni rezultati i značajno smanjuju troškovi ishrane [27], a između velikog broja hraniva svakako da se ističe soja koja sadrži proteine visoke biološke vrednosti. Istraživanja u našoj zemlji [16] ukazuju da soja i sojini proizvodi uspešno mogu da se koriste kao supstitucija za obrano mleko, a dodavanje enzimskih preparata obrocima bez mleka i na bazi biljnih hraniva predstavlja jednu od mogućnosti da se poveća iskoristivost takvih smeša.

Efikasnost enzima kao dodatka hrani je posebno značajna u ishrani tek odbijene prasadi [8]. Ispitivanja efikasnosti različitih kombinacija enzima u smešama sa ili bez obranog mleka na proizvodne rezultate odbijene prasadi izvedena su u proizvodnim uslovima [28].

Za ispitivanja ishrane odbijene prasadi u porastu smešama bez mleka, sa i bez dodatih enzima, izveden je ogled na četiri grupe odbijene prasadi,

prosečne TM oko 7 kg, u trajanju od 28 dana. Za ishranu prasadi korišćene su smeše standardnog hemijskog sastava. Kontrolna grupa hranjena je smešom sa obranim mlekom u prahu, a prasad ogledne grupe dobijala su smešu u kojoj je mleko zamenjeno sojinom sačmom. Preostale dve ogledne grupe su hranjene identičnim smešama kojima je dodata smeša enzima (ksilanaza, pentozanaza, pektinaza, hemicelulaza, gljivična β -glukonaza, endo- β -glukanaza, α -amilaza, proteaza i fitaza). Prasad hranjena smešama sa mlekom postigla su dnevni prirast od 0,204 kg uz dnevnu potrošnju hrane od 389 g i konverziji od 1,907 kg. Prasad hranjena smešama bez mleka postigla su dnevni prirast od 0,183 kg uz dnevnu potrošnju hrane od 424 g i konverziju od 2,292 kg. Korišćenjem enzima u smešama sa, odnosno bez mleka, postignuti su, istim redom, značajno veći prirasti za 16,8, odnosno 37,7 posto uz bolju konverziju hrane za 3,5, odnosno 24,0 posto.

Radi ispitivanja ishrane odbijene prasadi smešama sa i bez dodatih enzima izveden je ogled na tri grupe odbijene prasadi, prosečne TM oko 10 kg, u trajanju od 15 dana. Za ishranu prasadi korišćene su smeše standardnog hemijskog sastava bez učešća obranog mleka. Kontrolna grupa hranjena je smešama bez dodatih enzima. Hrana za prvu grupu sadržala je smešu enzima (ksilanaza, pentozanaza, pektinaza, hemicelulaza, gljivična β -glukonaza i endo- β -glukanaza), a hrana za drugu grupu zadržala je identičnu smešu enzima uz dodatak proteaze. Prasad hranjena smešama bez enzima postigla su dnevni prirast od 0,360 kg pri dnevnoj konzumaciji hrane od 651 g i konverziji od 1,789 kg. Korišćenjem hrane u koju je dodata smeša enzima koja razgrađuje NSP i proteaza postignuti su značajno veći prirasti za 8,3 posto uz nižu potrošnju hrane za 1,8 posto.

Slična istraživanja su izvedena i na dve grupe prasadi u porastu koja su tokom 33 dana hranjena smešama standardnog sirovinskog i hemijskog sastava sa i bez dodatih enzima [12]. Kontrolna grupa hranjena je smešama bez dodatih enzima, a prasad ogledne grupe identičnim smešama u koje je dodata smeša enzima (ksilanaza, pentozanaza, pektinaza, hemicelulaza, gljivična β -glukonaza, endo- β -glukanaza). Prasad hranjena smešama bez enzima postigla su dnevni prirast od 0,430 kg pri dnevnoj konzumaciji hrane od 941 g i konverziji od 2,183 kg. Korišćenjem hrane u koju je dodata smeša enzima koja razgrađuje NSP postižu se identični prirasti pri manjoj konzumaciji hrane za 2,79 posto i uz bolju konverziju hrane za 2,66 posto.

Sličan ogled izveden je na dve grupe odbijene prasadi u trajanju od 56 dana [9], s tim što je smeša enzima, bila kompleksija u odnosu na prethodni ogled (ksilanaza, pentozanaza, pektinaza, hemicelulaza, gljivična β -glukonaza, endo- β -glukanaza, α -amilaza, proteaza i fitaza). Prasad hranjena smešama bez mleka postigla su dnevni prirast od 0,340 kg pri dnevnoj konzumaciji hrane od 665 g i konverziji od 1,950 kg. Minimalnim povećanjem ulaganja pri korišćenju enzima (2,37 posto) postignuti su značajno veći prirasti za 16,8 posto pri minimalno većoj konzumaciji hrane od 3,53 posto i uz bolju konverziju hrane za 6,21 posto.

Radi ispitivanja efikasnosti primene fitaze na proizvodne rezultate prasadi izveden je ogled na četiri grupe odbijene prasadi u trajanju od 40 dana [30]. Prasad su hranjena smešama standardnog sirovinskog i hemijskog sastava u kojima je smanjivanjem ili potpunim isključivanjem dikalcijum fosfata količina iskoristivog fosfora bila podešena na 0,36; 0,36; 0,24 i 0,11 posto. Smešama za ogledne grupe životinja dodata je fitaza u količini od 1000 FU/kg. Kontrolna grupa prasadi postigla je dnevni prirast od 0,364 g uz konverziju hrane od 2,99 kg. U odnosu na kontrolnu grupu, prasad druge i treće grupe ostvarila su veći dnevni prirast za 11-12 posto i bolju konverziju hrane za 8,0-9,5 posto, dok su prirast i potrošnja hrane u četvrtoj grupi bili slabiji za 5 i 3 posto.

Zaključna razmatranja / Concluding remarks

Istraživanja u oblasti primene enzima kao aditiva u hrani za svinje i dalje se odvijaju nesmanjenim intenzitetom, jer na tržištu postoji snažna konkurentska borba između velikih kompanija. Interesovanja idu u više pravaca:

- Identifikacija novih prirodnih enzima koji potiču od mikroorganizama (bakterije, plesni i kvasci) i biljaka (pšenica, duvan, soja i uljana repica), zasnovanih na trodimenzionalnoj strukturi;
- Identifikacija genetski modifikovanih – kloniranih enzima;
- Ispitivanje najpovoljnijih kombinacija različitih aktiviteta u odnosu na određeni supstrat;
- Interakcija sa drugim aditivima u hrani (probiotici, antibiotici, organske kiseline, emulgatori i drugi);
- Kvantifikacija efekata enzima u smeši u zavisnosti od sastava obroka i kategorije svinja, da bi se postigla optimalna formulacija smeša;
- Pronalaženje praktične i pouzdane analitičke metode za utvrđivanje pojedinih aktiviteta u gotovim smešama.

Primena enzima sa svojim inovativnim rešenjima i fleksibilnim alternativnim predstavlja mogućnost izbora postizanja optimalnih proizvodnih rezultata i zadovoljavajućeg zdravstvenog stanja u intenzivnom uzgoju svinja koji se, u ovom slučaju, zasniva na prirodnim mehanizmima kao osnovi za proizvodnju zdrave i bezbedne hrane za ljude. Korišćenje enzima mora da nađe svoje mesto, prvenstveno u pogonima za proizvodnju hrane za životinje, ali mora da se zasniva na visokom stručnom i profesionalnom pristupu pri izboru vrsta enzima u odnosu na ciljni supstrat.

Literatura / References

1. Annison G., Choct M.: *Biotechnology in the Feed Industry*, 51-66, 1994. - 2. Anonymus: *Feeding times*, 8, 1, 16-17, 2003. - 3. Bredford M.R., Morgan A. J.: *World's Poultry Sci. J.*, 52, 61-68, 1996. - 4. Choct M.: *Proc. XX World's Poultry Congress*, II, 125-133, 1996. - 6. Classen H. L.: *Feed mix*, 4, 2, 22-27, 1996. - 7. Collier B., Hardy B.: *The Feed Com-*

pounder, 6, 4, 28-30, 1986. - 8. Combs E. G., Alsmayer W. L., Wallace H. D., Koger M.: J. Anim. Sci., 19, 392-397, 1960. - 9. Dabetić Đ., Grujović M., Sinovec Z.: Veterinarski glasnik, 54, 245-253, 2000. - 10. Düsterhöft E. M., Vrebruggen, M. A., Gruppen H., Kornelink F. J. M., Voragen A. G. J.: Proc 1st Symposium Enzymes in animal nutrition, 125-129, 1993. - 11. EEC directive 70/524: Official J. L. 270, 14, 12, 1, 1970. - 12. Grujić N., Ševković N., Sinovec Z.: Veterinarski glasnik, 54, 145-152, 2000. - 13. Inbarr J.: 38th Ann. Meeting EAAP, 1194-1202, 1987. - 14. Johnson R., Williams P., Campbell R.: Proc of the 1st Symposium Enzymes in animal nutrition, 142-149, 1993. - 15. Jongbloed A.W., Kemne P. P., Mroz Z., van Diepen H. M.: Biotechnology in the feed industry, 111-129, 2000. - 16. Kasalica T., Živković B., Đorić N., Milidragović N., Basta M.: Biotehnologija u stočarstvu, 35, 25-35, 1994. - 17. Kitchen D.: Biotechnology in the Feed Industry, 101-113, 1997. - 18. Kornegay E. T.: Biotechnology in the feed industry, 461-489, 1999. - 19. Lewis C. J., Catron D. V., Lieu C. H., Speer V. C., Ashton G. C.: J. Agric. Food Chem., 3, 1047-1050, 1955. - 20. Lindemann M. D., Corneliuss, S. G., El-Kandelgey S. M., Moser R. L., Pettigrew J. E.: J. Anim. sci., 62, 1298-1307, 1986. - 21. Lyons P.: Biotechnology in the feed industry, 1-13, 1997. - 22. Oatway L., Vasanthan T., Helm J.: Feed Rev. Int., 17, 419-431, 2001. - 23. Pallauf J., Rimbach G., Pippig S., Schindler B., Most E.: Agribio. Res. 47, 39, 1994. - 24. Pluske J., Lendemann M.: Biotechnology in the Feed Industry, 375-392, 1998. - 25. Raboy V.: Inositol Metabolism in Plants, 55-76, Wiley-Liss, Inc, 1990. - 26. Sefton T.: Proc. Alltech European and African Lecture Tour: 61-71, 1997. - 27. Sinovec Z., Kasalica T., Ševković N.: Veterinarski glasnik, 48, 435-443, 1994. - 28. Sinovec Z., Šefer D.: Proc. Inter. Conf. On Anim. Sci. And Vet. Med., Beijing, 2000. - 29. Smits C.H.M., Annison G.: World's Poult. Sci. J., 52, 203-221, 1996. - 30. Šefer D., Živković B., Sinovec Z.: Biotehnologija u stočarstvu, 16, 25-30, 2000. - 31. Vapa M., Tarasenko B., Krmiva, XVIII, 10, 217-221, 1976. - 32. Whitaker J. R.: Principles of enzymology for food sciences, 1-28, Marcel Deker, New York, 1972. - 33. Woodgate L.: Biotechnology in the Feed Industry, 67-81, 1994.

ENGLISH

USING ENZYMES IN SWINE NUTRITION

Z. Sinovec, D. Šefer

Development of biotechnology contributes to the appearance of natural alternatives that meet the high demands of the animal itself, the consumer lobby, new legislatives, and the movement for environment protection. In the area of alternative solutions, the most often mentioned are enzymes. The goals of using enzymes are enhancement of endogenous enzymes activity, removing antinutrients from some feedstuffs, increasing energy and nutritive value due to increasing bioavailability of nutrients to resorption, as well as decreasing the output of indigestible nutrients in the environments.

The innovative solutions and flexible alternatives of using enzymes are the choice option for gaining optimal performances and satisfactory health of intensively managed pigs. Besides those mentioned, this solution is based on natural mechanisms as a basis for the production of healthy and safe food for human nutrition. The use of enzymes in swine nutrition has to find its place, primarily in the feed mill factory, but it has to be based on a high professional approach to choosing different kinds of enzymes related to target substrates.

Key words: swine, nutrition, enzyme

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЗИМОВ В КОРМЛЕНИИ СВИНЕЙ

З. Синовец, Д. Шефер

Развитие биотехнологии содействовало явлению природных альтернатив, выполняющие и удовлетворяющие высоко поставленные требования самого организма, потребительского лобби, новых законных регулятив и движения для охраны жизненной среды. В ряде альтернативных решений чаще всего упоминаются энзимы. Цель добавления энзимов дополнение активности эндогенных энзимов дополнение активности эндогенных энзимов свиней отклонение антипитательных веществ из некоторых кормов (β -глюканы, фитаты), увеличение энергетической и питательной стоимости кормов на основе бóльшей доступности некоторых питательных веществ для резорбции, словно и уменьшение излучения неиспользованных питательных веществ во внешнюю среду.

Применение энзимов со своими новационными решениями и флексибельными альтернативами представляет собой возможность выбора достижения оптимальных производственных результатов и удовлетворительного состояния здоровья в интенсивном выращивании свиней, которое, в этом случае, основывается на природных механизмах как основы для производства здоровой и безопасной пищи для людей. Пользование энзимов должно найти своё место, в первую очередь в цехах для производства корма для животных, но должно основываться на высоком специальном и проффесиональном подступе при выборе видов энзимов в отношении целевого субстрата.

Ключевые слова: свиней, корма, энзимы