

## UPORABA ENZIMA KOJI RAZGRAĐUJU NEŠKROBNE POLISAHARIDE U HRANIDBI NEPREŽIVAČA

## THE USE OF NON STARCH POLYSACCHARIDES DEGRADING ENZYMES IN NUTRITION OF MONOGASTRIC ANIMALS

J. Salobir

Pregledno znanstveni članak  
UDK: 636.4.5:636.085.16.  
Primijeno: 18. veljače 1994.

### SAŽETAK

Uporaba enzima koji razgrađuju neškrobne polisaharide (NŠP) u hranidbi nepreživača osobito  $\beta$ -glukane i ksilane, u krmnim smjesama na osnovu nekih žitarica za perad i svinje u posljednjim godinama pokazala se opravdanom. Dodavanje temelji se na (djelomično) razgradnji NŠP, koje vodi do poboljšanja učinkovitosti probave (povećana probavljivost hraniva i energetska vrijednost krmiva..) i dovede do poboljšanja proizvodnih osobina. Opisane su neke zakonitosti, koje mogu prouzrokovati određene varijabilnosti rezultata (vrsta životinja, starost, sadržaj i topljivost NŠP u žitaricama, osobine enzima...).

### UVOD

U hranidbi domaćih životinja u cijelom svijetu, pa i kod nas, već godinama se koriste različiti enzimi kao dodatak krmivu. Koriste se u prvom redu kod krmiva koja sadržavaju tvari za razgradnju kojih tijelo ne proizvodi vlastite enzime i kad ono zbog različitih fizioloških stanja (nepotpuna razvijenost probavnog sustava, različita stresna stanja) ne proizvodi dovoljne količine enzima.

Nepreživači, osim enzima za razgradnju škroba (amilaze), ne proizvode druge enzime za razgradnju polisaharida. Tako također nemaju enzima za razgradnju neškrobnih polisaharida (NŠP) koji u znatnoj mjeri sudjeluju u tvorbi osnove stanične stijenke različitih žitarica. Glavni NŠP koji tvore osnovu stanične stijenke žitarica su:

- celuloza: iz  $\beta$ -glukoznih jedinica povezanih (1  $\rightarrow$  4)  $\beta$  glukozidnom vezom;
- $\beta$ -glukani: iz  $\beta$ -glukopiranoznih jedinica povezanih (1  $\rightarrow$  3) ili (1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -glukozidnom vezom (zato također  $\beta$ -glukani ili miješano vezani (1  $\rightarrow$  3), (1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -glukani);
- ksilani: osnovni lanac iz  $\beta$ -ksilopiranoznih jedinica povezanih (1  $\rightarrow$  4)  $\beta$ -glukozidnom vezom:

na osnovni lanac osim arabinoze (zato također arabinoksilan) može biti vezana glikozidnom vezom i glukuronska kiselina, a esterskom vezom ferulna, kumarna i octena kiselina (Marinšek-Logar i Nekrep, 1993).

Žitarice kao što su: ječam, zob, tritikale, raž, pa i pšenica) koje sadržavaju NŠP u većim količinama imaju zbog toga za perad pa i svinje nižu energetska i ostalu uporabnu vrijednost (tablica 1). S obzirom na to da žitarice u našim okolnostima predstavljaju glavni izvor energije u krmnim smjesama za perad i svinje, jasno je da je utjecaj NŠP-a u hranidbi tih životinja vrlo velik. Dodavanje enzimskih preparata koji sadržavaju enzime za razgradnju NŠP-a pokazalo se posljednjih godina korisnim u otklanjanju faktora koji sprečavaju uključivanje tih žitarica u krmne smjese u većim količinama. Enzimi se u krmne smjese mogu davati pojedinačno ili tako da se koriste pripravci od više vrsta enzima, pri čemu se očekuje da će enzimi djelovati sinergistički (Nasi, 1988).

Dr. Janez Salobir, dipl. kmet. ing., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Groblje 3, 61230 Domžale, Slovenija

**Tablica 1: Povezanost sadržaja energije u krmivima za perad i prasid s količinom stanične stijenke, škroba i sirovih masti (Chesson, 1991, 1993)**

**Table 1: The relationship between energy content in feeds for poultry and pigs and the amount of cell wall, starch and crude fat (Chesson, 1991, 1993)**

	Stanična stijenka* (g/kg OST)	Škrob (g/kg OST)	Sirove masti (g/kg OST)	TME <sub>N</sub> (MJ/kg OST)	PE (MJ/kg ST)
Kukuruz	117	700	42	16,1	15,1
Pšenica	124	674	21	15,5	16,0
Ječam	201	562	26	14,5	13,5
Zob	315	469	51	14,8	12,4
Raž	357	-	29	-	12,8

\* Količina NDF približno je jednaka količini stanične stijenke (Kirchgesner, 1987)

OST = organska suha tvar, TME<sub>N</sub> = prava metaboička energija kor. na N (perad), PE = probavljiva energija (prasid)

## DJELOVANJE ENZIMA U KRMNIM SMJESAMA NA OSNOVI ŽITARICA ZA PERAD

### Poboljšanje dostupnosti staničnog sadržaja

Kako su stanične stijenke aleuronskog i endospermalnog sloja građene od NŠP-a koje probavni enzimi ne mogu razgraditi, otežan je također pristup enzima visokovrijednom staničnom sadržaju tj. škrobu (endospermalni sloj) i bjelančevinama (aleuronski sloj) (Hesselman i Aman, 1986; Chesson, 1987). Dio visokovrijednih hranjivih tvari ne samo da se probavlja u tankom crijevu nego se uopće ne probavlja, odnosno probavlja se pod utjecajem mikroorganizma u debelom crijevu. Tako razgradnja NŠP-a ovisi o učinkovitosti mikrobnog fermentacije. Mikrobnog razgradnja neškrobnih polisaharida u debelom crijevu peradi nema značajnu ulogu pa je njihova probavljivost vrlo niska. Neki ispitači u slijepom crijevu brojlera čak nisu mogli dokazati nikakve vrste mikroba s celulolitičkom aktivnošću (McBee, 1977; cit. Ratcliffe, 1991).

U nekim slučajevima mikrobnog razgradnja visokovrijednih tvari nije poželjna jer može smanjiti iskorištavanje energije i hranjivih tvari. Npr. ako se škrob enzimski razgradi u tankom crijevu, kao produkt razgradnje nastaje glukoza koja se može odmah apsorbirati. Međutim, ako se razgradi tek u debelom crijevu, tada pod utjecajem mikroba nastaju hlapljive masne kiseline. Pritom nastaju prilični energetske gubici (za

škrob oko 40%). Slično vrijedi također za visokovrijedne bjelančevine koje se pod utjecajem mikroorganizma razgrađuju tek u debelom crijevu. Tako je jedan od ciljeva dodavanja enzima u krmne smjese upravo razgradnja stanične stijenke NŠP-a jer time i stanični sadržaj, npr. škrob (Chesson, 1987), postaje dostupan razgradnji putem probavnih enzima. Na taj se način povećava prehranbena vrijednost žitarica.

### Smanjenje viskoznosti crijevnog sadržaja

NŠP ne samo da sprečavaju odnosno onemogućavaju pristup probavnih enzima staničnom sadržaju nego imaju i druga antinutritivna odnosno nepovoljna svojstva koja su, bar kad se radi o peradi, mnogo značajnija. Nasi (1988) tako smatra da su u Europi NŠP najvažnije antinutritivne tvari u krmnim smjesama za perad. Prvenstveno vodotopljivi NŠP (njihov sadržaj nalazi se u tablici 2) imaju veliku sposobnost vezanja vode pa time čine crijevni sadržaj izrazito viskoznom ("gelforming polysaccharides").

**Tablica 2: Sadržaj zajedničkih i vodotopljivih arabinoksilana i  $\beta$ -glukana (g/kg) njihov udio u stijenka škrobnog endosperma cijelog zrnja (Chesson, 1993)**

**Table 2: The content of total and water soluble arabinoxilans and  $\beta$ -glucans in the whole grain and in the cell wall of endosperm (Chesson, 1993)**

	Arabinoksilani			$\beta$ -glukani		
	Zrnje - ukupni (g/kg)	Zrnje - vodoto- pljivi (g/kg)	Udio u endosp - (%)	Zrnje - ukupni (g/kg)	Zrnje - vodoto- pljivi (g/kg)	Udio u endosp - (%)
Ječam	56,9	4,8	22	43,6	28,9	99
Zob	76,5	5,0	12	33,7	21,3	47
Raž	84,9	26,0	44	18,9	6,8	71
Pšenica	66,3	11,8	35	6,5	5,2	48

Zbog povećane viskoznosti otežana je pasaža i miješanje sadržaja tankog crijeva. Time je smanjeno prodiranje i učinkovitost enzima, a vjerojatno i prodiranje (stupanj difuzije) razgrađenih hranjivih tvari do crijevne stijenke, tj. mjesta apsorpcije (Chesson, 1990; Wieseman i Inbarr, 1990; Campbell i Bedford, 1992). Zbog manje učinkovitosti enzima i slabijih uvjeta apsorpcije, smanjuje se probavljivost tvari u tankom crijevu - manja je probavljivost suhe tvari, škroba, bjelančevina i masti (Ward i Marquardt, 1987; Ikegami i sur., 1990; Anison,

1993) - a smanjuje se i brzina prolaza vodotopljivog dijela crijevnog sadržaja od želuca do dvanaesterca (Chesson, 1990) kao i brzina prolaza kroz cijeli probavni trakt (Classen i Bedford, 1991). Negativni utjecaj usporenog prolaza kroz probavne organe zbog povećane viskoznosti posebno je izražen u pilića i purana do četvrtog tjedna života (Classen i Bedford, 1991). Ikegami i sur. (1989; cit. Brufau i Francesh, 1991) ustanovili su povećanje probavnog trakta u slučajevima povećanja viskoznosti crijevnog sadržaja.

Zbog slabije probave u tankom crijevu povećava se količina razgradivih tvari koje dopijaju u debelo crijevo, a zbog usporenog prolaza sadržaja povećava se i neželjena mikrobna razgradnja u debelom crijevu. Time se povećava i opasnost od proljeva (Dierick, 1989).

NŠP, u prvom redu njihov vodotopljivi dio, opisanim djelovanjem povezanim prije svega s povećanom viskoznošću, negativno utječu na energetske vrijednosti žitarica. Tako je Anison (1991, 1993) u brojlera ustanovio negativnu korelaciju između sadržaja vodotopljivih NŠP-a i energetske vrijednosti krmiva (tablica 3). Zbog niže energetske vrijednosti krmiva povećava se uzimanje hrane, konverzija se smanjuje (Anison, 1993), a može doći i do usporavanja rasta (White i sur., 1981; Wieseman i Inbarr, 1990).

Tablica 3: Utjecaj dodavanja arabinoksilana u krmnu smjesu na osnovi sirka na energetske vrijednosti krmiva, probavljivost škroba, retenciju dušika i dnevni prirast brojlera (Anison, 1993)

Table 3: The influence of arabinoxilans addition in the sorghum based feed on the energy content, starch digestibility, nitrogen retention and daily gain in broiler chick (Anison, 1993)

Dodano arabinoksilana (g/kg)	AME* (MJ/kg)	Prob. škroba (%)	Retencija N (g/dan)	Dnevni prir. (g/dan)
0,0 (kontrola)	13,7 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>
2,5	13,2 <sup>b</sup>	98 <sup>a</sup>	3,0 <sup>ab</sup>	59 <sup>a</sup>
10,0	13,1 <sup>c</sup>	99 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>
30,0	12,5 <sup>d</sup>	97 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>	49 <sup>b</sup>

Različita slova znače statistički značajne razlike.

\* prividna metabolička energija

### Sastav i djelovanje enzimskih preparata

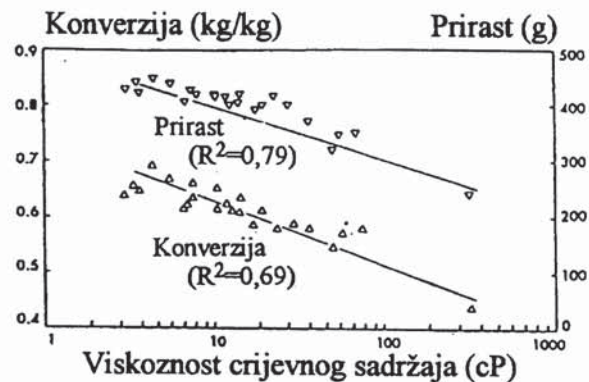
Glede toga da se žitarice međusobno znatno razlikuju po sadržaju i vrsti NŠP-a, za učinkovito korištenje enzimskih preparata potrebno je poznavati

vrstu i količinu NŠP-a pojedinih žitarica. Enzimi ne moraju potpuno razgraditi NŠP. Dovoljno je da "razrežu" lanac NŠP-a na nekoliko dijelova, čime uništavaju njihovu strukturu. Tako oni gube svoju sposobnost vezanja vode (slika 1), a stanični sadržaj postaje dostupan probavnim enzimima (Chesson, 1993).



Slika 1: Utjecaj udjela raži u krmnoj smjesi i dodatka enzima pentozanaze (= ksilanaze) na viskoznost u proksimalnom dijelu tankog crijeva 19-dnevnih brojlera (Bedford i Classen, 1992)

Picture 1: Effect of dietary rye and pentozanaza (arabinoxilnase) enzyme concentration on proximal small intestine viscosity in 19- d-old broilers (Bedford and Classen, 1992)



Slika 2: Utjecaj viskoznosti u proksimalnom dijelu tankog crijeva na dnevni prirast i konverziju krmiva 19-dnevnih brojlera (Bedford i Classen, 1992)

Picture 2: Effect of proximal small intestine viscosity on weight gain and food conversion efficiency in 19-d-old broilers (Bedford and Classen, 1992)

Usporedno s padom viskoznosti povećava se dnevni prirast i poboljšava konverzija (slika 2). Potpuna razgradnja NŠP-a na monosaharide nepotrebna je ili čak nepoželjna jer se NŠP u velikoj mjeri sastoji od monosaharida drugačijih od glukoze i fruktoze, a to su jedini šećeri iskoristivi u metabolizmu. Ostali monosaharidi mogu prouzrokovati

ovati negativne učinke u metabolizmu (manji dnevni prirast; Longstaff i sur., 1988), a u najboljem slučaju moraju se izlučiti i tako opterećuju metabolizam.

Zbog velike viskoznosti crijevnog sadržaja koju prouzrokuju vodotoplivi NŠP, znatno je povećan sadržaj vode i ljepljivost izmeta ("sticky droppings" peradi), što predstavlja poseban problem. Takvo hranjenje velikim količinama ječma rezultira prljavošću jaja i životinja, otežava transport gnoja (svinje), povećana je higroskopnost stelje itd. (Pettersson i Aman, 1988; Chesson, 1993). Dodatak enzima može u znatnoj mjeri smanjiti učestalost ljepljivog izmeta (Graham, 1991) i samim tim također udio prljavih jaja (Graham, 1991); smanjuje se uzimanje vode (Brufau i Francesh, 1991) i udio vode u izmetu (Hesselman i sur., 1981, 1982; Salobir, 1992). Poboljšava se kakvoća stelje i čistoća kaveza (Hesselman i sur., 1981), a time i higijena u objektu (Pettersson i Aman, 1988; Chesson, 1992). Kao što izvješćuju Classen i Bedford (1991), bolja kakvoća stelje purana smanjuje učestalost upala kože na prsima (↓ vlažnost stelje ⇒ ↓ tvorba amonijaka ⇒ manji je nadražaj kože ⇒ ↓ upale kože), što poboljšava kakvoću tijela.

Kakve enzime treba dodavati pojedinim žitaricama (djelomično je vidljivo već iz tablice 2) i kakve uspjehe se može očekivati?

**Ječam:** Zanj je značajan u prvom redu visoki sadržaj  $\beta$ -glukana, ali je za maksimalnu iskoristivost potrebno dodati  $\beta$ -glukanazu i ksilanazu, pri čemu naročito iskorištavanje aleuronskog sloja ovisi o dodatku ksilanaze (Chesson, 1991). Uporaba enzima u krmnim smjesama postala je stvarnost naročito u državama u kojim je ječam ekonomski zanimljiv sastojak krmnih smjesa (Classen i Bedford, 1991). Učinci dodavanja enzima u krmne smjese s ječmom temelje se na rezultatima ispitivanja (Gohl i sur., 1987; Jeroch i sur., 1988; Rotter i sur., 1989; Jeroch i sur., 1991; Graham, 1991; Brufau i sur., 1991; Salobir i sur., 1992): povećana brzina prolaza kroz probavne organe, poboljšana probavljivost, veća energetska vrijednost krmiva, povećana potrošnja hrane, veći dnevni prirast, povoljnija konverzija, veća nesivnost, manja učestalost ljepljivog izmeta, manje prljavih jaja itd. Brufau i Francesh (1991) primijetili su također povećanje količine abdominalne masti brojlera (vjerojatno zbog bolje opskrbe energijom), bolje rezultate klanja i bolju pigmentaciju kože. Kao što navodi većina autora, učinci su obično izrazitiji u brojlera nego u nesilica.

**Pšenica:** Za nju je karakterističan visoki sadržaj pentozana (arabinoksilana) pa je za poboljšanje njezine prehrabene vrijednosti potrebno dodavati u prvom

redu ksilanaze, pri čemu može biti povoljan i dodatak  $\beta$ -glukanaza. Mogao bi biti dobar i dodatak celulaza (Broz i Frigg, 1986a). Ispitivanja (Pettersson i Aman, 1989; Graham, 1991; Annison, 1992; Choct i Annison, 1992; Friesen i sur., 1992; Salobir i sur., 1992) pokazuju da dodatak ksilanaza krmnim smjesama na osnovi pšenice smanjuje viskoznost intestinalnog sadržaja, povećava probavljivost hranjivih tvari (škroba, bjelančevina, masti, organske i suhe tvari) i energetske vrijednosti smjese, povećava potrošnju krmiva i dnevni prirast, poboljšava se konverzija, nesivost, a smanjuje učestalost ljepljivog izmeta, udio prljavih jaja i dr.

**Raž:** Kao i u pšenici, glavni antinutritivni faktor u raži su arabinoksilani koji su (u prvom redu topljivi) prisutni u raži u višim koncentracijama pa imaju veću sposobnost tvorbe viskoznih otopina (Classen i Bedford, 1991). Krmnim smjesama s raži potrebno je dodavati preparate ksilanaze (u kombinaciji s  $\beta$ -glukanazama). Rezultati ispitivanja Petterssona i Amana (1989), Bedforda i Classena (1992), Friesena i sur. (1991) pokazali su da dodatak enzima smanjuje viskoznost crijevnog sadržaja, smanjuje učestalost ljepljivog izmeta, povećava energetske vrijednosti krmne smjese i dnevni prirast, poboljšava konverziju; ipak, ni u tom slučaju raž ne može biti jedina žitarica (Jakisch i Jeroch, 1990).

**Zob:** Slično kao ječam, zob sadržava prilične količine  $\beta$ -glukana. I u ovom slučaju dodatak enzima beta-glukanaza poboljšava njegovu vrijednost: veći prirast, bolja probavljivost, veća energetska vrijednost (Broz i Frigg, 1986b; Friesen i sur., 1992). Ali, hranjenje sa zobi nema uvijek negativni utjecaj na produkciju (Classen i Bedford, 1991).

**Tritikale:** Po hranjivoj vrijednosti negdje je između raži i pšenice, ali bliže pšenici. Dodatak enzima pentozanaze (ksilanaze) i  $\beta$ -glukanaze u ispitivanju (Pettersson i Aman, 1988) brojlera povećao je dnevni prirast i poboljšao konverziju.

Ipak, ispitivanja i rezultati u praksi upućuju da postoji vrlo različiti odgovor životinja na dodavanje enzimskih preparata. Glavni faktori koji utječu na rezultate su:

**Životna dob životinja:** Starenjem odnosno razvijanjem probavnih organa učinak dodavanja probavnih enzima u nekim slučajevima slabi. U odraslih životinja s potpuno razvijenim probavnim sustavom dodatak enzima obično ne dovodi do većih promjena jer one neutraliziraju negativni učinak npr.  $\beta$ -glukana (Rotter i sur., 1990). Do neutralizacije  $\beta$ -glukana dolazi vjerojatno zbog mliječnokiselinske flore koja proizvodi  $\beta$ -glukanaze (Dierick, 1989) ili zbog povećanja veličine probavnih organa koji su sposobni poništiti negativni ut-

ječaj  $\beta$ -glukana na stupanj prolaza (Classen i Bedford, 1991). U nesilica su zato pozitivni učinci dodavanja enzima obično nešto slabiji nego u brojlera, ali pozitivne promjene mogu se očekivati ne samo u odnosu na ne-sivost i kovnerziju nego i na udio prljavih jaja (Näsi, 1988; Graham, 1991; Brufau i Francesh, 1991). Prema rezultatima nekih ispitivanja učinkovitost enzima trebala bi se donekle mijenjati također sa životnom dobi brojlera. Tako neki autori izvješćuju (Salih i sur., 1991; Classen i Bedford, 1991) da se najpovoljniji rezultati mogu očekivati do 4. tjedna života, drugi u cjelokupnom razdoblju tova (Broz i Völker, 1990; Graham, 1991; Rotter i sur., 1989), a treći smatraju da je učinak već u zadnjem razdoblju (19. do 45. dan) tova (Brufau i sur., 1991).

**Sadržaj i topljivost NŠP-a u žitaricama:** Sadržaj NŠP-a različitih vrsta žitarica (npr. pšenice i ječma) može znatno varirati (Campbell i Bedford, 1992; Annison, 1992). Tako je npr. sadržaj  $\beta$ -glukana u ječmu između 2 i 10% u ST cijelog zrnja (Dierick, 1989). On ovisi o genotipu i utjecajima sredine; npr.: sadržaj  $\beta$ -glukana viši je u ječmu koji je bio požnjeven u uvjetima koji su dozvoljavali brzo dozrijevanje (Hesselman i Thomke, 1982); pri zrelijem ječmu također (Hesselman i sur., 1981). Osim toga može varirati i stupanj viskoznosti (Hesselman i Aman, 1986; Rotter i sur., 1989); tako topljivost  $\beta$ -glukana sa zrelošću pada (Hesselman i sur., 1981).

**Koncentracija i vrsta enzima:** Ako je koncentracija enzima neodgovarajuća i ako nije odabran pravi enzimski preparat (to su obično smjese različitih enzima), mogu se očekivati slabiji ili čak nikakvi rezultati.

**Udio žitarica u smjesi:** U nekim slučajevima dobro je s obzirom na udio žitarica u smjesi odrediti i koncentraciju enzima.

## DJELOVANJE ENZIMA U KRMNIM SMJESAMA NA OSNOVI ŽITARICA U PRASADI

Djelovanje dodanih enzima temelji se na istim osnovama kao u peradi, ali su rezultati općenito manje izraziti i u znatnoj mjeri ovise o životnoj dobi odnosno stupnju razvoja životinje.

Dodavanje  $\beta$ -glukanaze u krmivo na osnovi ječma životinjama u tovu tek neznatno poboljšava probavljivost škroba, ali ne i probavljivost bjelančevina (Graham i sur., 1989), poboljšava probavljivost suhe tvari (Thacker i sur., 1992a), ali u većini ispitivanja nema utjecaj ili tek pokazuje tendenciju poboljšanja tovnosti (Thacker i sur., 1988; Graham i sur., 1989; Thacker i sur., 1992a,b); u drugima opet pokazuje statistički značajno poboljšanje rezultata (New-

man, 1982; Bedford i sur., 1992): poboljšanje probavljivosti bjelančevina, energetske iskoristivosti, veći prirast i povoljniju konverziju. Rezultati ispitivanja Grahama i sur. (1989) pokazuju da dodatak  $\beta$ -glukanaza povećava udio krmiva koje se probavi već u tankom crijevu. Ipak, rezultati ispitivanja nisu jedinstveni jer npr. dodavanje ksilanaza i  $\beta$ -glukanaza krmnoj smjesi na osnovi raži ne poboljšava tovnost, a samo u kombinaciji s nutritivnim antibiotikom povećava iskoristivost energije i probavljivost bjelančevina (Thacker i sur., 1992b). Dodatak kiselina u pokusu Thackera i sur. (1992a) u prasadi nije poboljšao djelovanje enzimskog preparata.

Razlog za slabiju odnosno vrlo nestalnu učinkovitost dodanih enzima u prasadi u usporedbi s peradi prije svega je u tome da  $\beta$ -glukani i pentozani nemaju takav utjecaj na prasad kao na perad:

- prasad se fiziološki razlikuje od mlade peradi po većoj količini vode u crijevnom sadržaju (u nesilica slično kao u prasadi) (Campbell i Bedford, 1992).

- Tanko crijevo i vrijeme retencije hranjivih tvari u prasadi relativno su duži (Graham i sur., 1986).

- Razvijenost mikrobne flore koja proizvodi enzime za razgradnju NŠP-a u peradi je slabija nego u prasadi (Dierick, 1989). Tako je također probavljivost vlaknine peradi manja nego u prasadi. Ipak, i u prasadi sa životnom dobi, razvojem (i razvojem mikrobne flore) raste sposobnost probavljanja  $\beta$ -glukana i drugih NŠP-a. Tako je ilealna probavljivost NŠP-a dobra već u razmjerno mlade prasadi teške 30-50 kg ( $\beta$ -glukani 68%, arabinoksilani 17%, celuloza 38%), a u starijih (80 kg) još bolja ( $\beta$ -glukani 95%, arabinoksilani 43%, celuloza 30%) (Graham i sur., 1986 i 1989). Time se naravno "manevarski" prostor za djelovanje enzima koji cijapaju NŠP u starije prasadi smanjuje.

- U peradi enzimi (bar oni koji imaju optimalni pH između 4 i 5) mogu djelovati u voljki nekoliko sati ako su povoljne okolnosti (Dierick, 1989; Campbell i Bedford, 1992).

- Uvjeti u želucu prasadi vrlo su nepovoljni za opstanak enzima; pH je prilično niži nego u peradi, a vrijeme zadržavanja u želucu duže; prisutnost probavnih proteolitičkih enzima također može imati važnu ulogu (Campbell i Bedford, 1992).

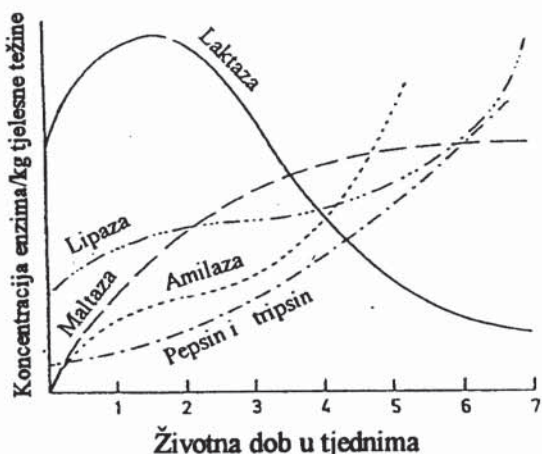
- Deaktivacija enzima mikrobnom florom u peradi je niža (Dierick, 1989).

## Prasad

Zbog specifičnosti razvoja probavnih organa, pri davanju enzima prasadi pod sisom i odbijenoj prasadi

potrebno je uzimati u obzir i neke druge zakonitosti:

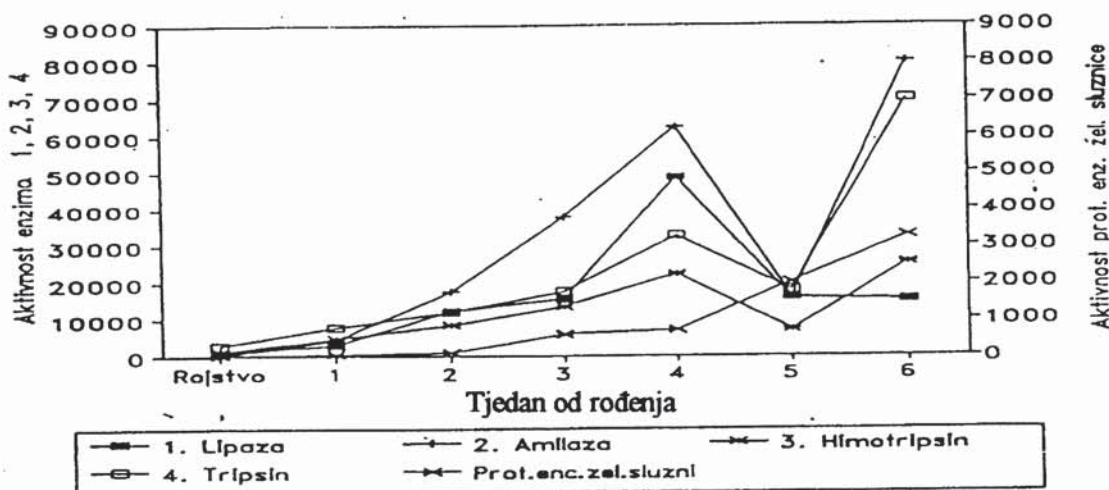
... prasad pod sisom negdje do 5 do 6 tjedana još nije sposobna proizvoditi probavne enzime u dovoljnim količinama (slika 3), a uz to je produkcija solne kiseline u želucu još nedovoljna (Cranwell i Moughan, 1989).



Slika 3: Aktivnost probavnih enzima u prasadi (Kirchgessner, 1987)

Picture 3: The digestive enzyme activity in piglets (Kirchgessner, 1987)

- Zbog različitih stresnih stanja pri odbijanju dolazi do znatnog pada izlučivanja tjelesnih enzima (slika 4).



Slika 4: Aktivnost pankreasnih enzima i proteoliznih enzima želučane sluznice u prasadi prije i nakon odbijanja (ukupna količina enzima/tjelesna težina) (Lindemann i sur., 1986)

Picture 4: The activity of pancreas enzymes and proteolytic enzymes of gastric mucosa in piglets before and after weaning (Lindemann et al., 1986)

što u velikoj mjeri povećava opasnost od razvoja patogenih mikroorganizama i pojave proljeva (Kamphues, 1992).

Zbog opisanih zakonitosti i nerazvijenosti mikroflore koja može razgraditi NŠP, preporučljivo je prasadi u razdoblju odbijanja u enzimске preparate uključivati ne samo enzime za razgradnju NŠP-a nego i proteinaze, amilaze i neke druge enzime (Chesson, 1991). Dodatak enzimskih koktela (proteinaze,  $\beta$ -glukanaze,  $\alpha$ -amilaze) u nekim je pokusima povećao dnevni prirast i poboljšao je probavljivost bjelanjčevina i dnevni prirast odbijene prasadi, dok dodatak ksilanaze u smjesu na osnovi raži nije imao učinak (Bedford i sur., 1992).

S obzirom na to da dodatak enzima može poboljšati probavljivost suhe tvari i škroba (Inbarr i sur., 1992), bjelanjčevina (Bedford i sur., 1992) i drugih hranjivih tvari u tankom crijevu, smanjuje se količina hranjivih tvari za mikrobe i možda također količina osmotski aktivnih tvari koje snažno djeluju na nastanak proljeva (Salobir, 1992). Opasnost od proljeva pri dodavanju enzimskih preparata uslijed toga se smanjuje (Inbarr i Ogle, 1988).

Tijekom uporabe enzima u prasadi pozitivni učinak ne smije se mjeriti samo izravno mjerljivim parametrima kao što su dnevni prirast i konverzija nego i stabiliziranjem probave (stabilnije zdravstveno stanje, smanjenje opasnosti od proljeva, ...), pri čemu su učinci već tijekom ranog odbijanja (Chesson, 1991).

## STABILNOST ENZIMA

Rezultati u praksi često ne pokazuju ono što bi se na temelju ispitivanja moglo očekivati. Za veliki dio varijabilnosti rezultata sigurno je kriva varijabilnost učinkovitosti enzima. Uz pravilni izbor enzima s obzirom na supstrat, učinkovitost je uvjetovana njihovom aktivnošću i stabilnošću koje ovise o uvjetima u kojima djeluju. Zato enzimi moraju (Graham, 1991; Chesson 1992):

- imati sposobnost aktiviranja ili održavati aktivnost u vrlo različitim uvjetima probavnog trakta - uz različiti pH (vrlo nizak u želucu, razmjerno visok u tankom crijevu i voljki),

- biti otporni na proteolitičke probavne enzime,  
- dobro djelovati na tjelesnoj temperaturi (=37°C),  
- održati aktivnost tijekom peletiranja ili čak ekstrudiranja (temperatura, vlaga), skladištenja itd.

## ZAKLJUČAK

Dodavanje enzima posljednjih se godina pokazalo učinkovitim u povećavanju iskoristivosti nekih krmiva u krmnim smjesama za perad i prasid. Iskoristivost enzima povećana je i još se povećava, i to prije svega razvojem enzima i enzimskih preparata koji su "skrojeni" za pojedina krmiva odnosno krmne smjese te povećanjem njihove stabilnosti.

## LITERATURA

1. Annison, G. (1991): Relationship between levels of soluble nonstarch polysaccharides and the apparent metabolizable energy of wheats assayed in broiler chickens. *J. agric. Food Chem.* 36: 1252-1256.
2. Annison, G. (1992): Commercial enzyme supplementation of wheat-based diets raises ileal glycanase activities and improves apparent metabolizable energy, starch and pentosan digestibilities in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 38: 105-121.
3. Annison, G. (1993): The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. *Aust. J. Agric. Res.* 44: 405-422.
4. Bedford, M.R., H.L. Classen (1992): Reduction in intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition in the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. *J. Nutr.* 122: 560-569.
5. Bedford, M.R., J.F. Patience, H.L. Classen, J. Inbarr (1992): The effect of dietary enzyme supplementation of rye-and barley based diet on digestion and subsequent performance in weanling pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 97-105.
6. Broz J., L. Völker (1990): Efficacy studies with *Trichoderma viride* enzyme complex in broiler chicks. *proc. 9th Europ. Symp. Poultry Nutr., Barcelona, 275-278.*
7. Broz J., M. Frigg (1986a): Effects of cellulolytic enzyme prod-

ucts on the feeding value of various broiler diets. *Arch. Geflügelkunde* 50: 104-110.

8. Broz J., M. Frigg (1986b): Effects of beta-glucanase on the feeding value of broiler diets based on barley or oats. *Arch. Geflügelkunde* 50: 41-47.
9. Brufau, J., M. Francesh (1991): Nutritional effects of barley application in monogastric feeding. V: *New trends in barley quality for malting and feeding. Options mediteraneennes, seria A, 20: 63-74.*
10. Brufau, J., C. Nogareda, A. Perez-Vendrell, M. Francesh, E. Esteve-Garcia (1991): Effect of *Trichoderma viride* enzymes in pelleted broiler diets based on barley. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 34: 193-202.
11. Campbell, G.L., M.R. Bedford (1992): Enzyme application for monogastric feeds: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 449-466.
12. Chesson, A. (1987): Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. V: *Recent advances in animal nutrition, Butterworths, London, 71-89.*
13. Chesson, A. (1991). Effect of supplementary enzymes in barley diets. V: *New trends in barley quality for malting and feeding. Options mediteraneennes, seria A, 20: 55-62.*
14. Chesson, A. (1993): *Feed Enzymes. Anim. Feed. Sci. and Technol. U tisku.*
15. Chesson, A. (1990): Nutritional significance and nutritive value of plant polysaccharides. V: *Feedstuff evaluation (Ed.: Wisemn, J., D.J.A. Cole). Butterworths, London, 179-196.*
16. Classen, H.L., M.R. Bedford (1991): The use of enzymes to improve the nutritive value of poultry feeds. V: *Recent advances in animal nutrition, Butterworths, London, 95-116.*
17. Choct, M., G. Annison (1992): Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science* 32: 821-834.
18. Cranwell, P.D., P.J. Moughan (1989): Biological limitations imposed by the digestive system to the growth performance of weaned pigs. V: *Barnett, J.L., D.P. Hennessy. Manipulating Pig Production II. Proc. of the Biennial conf. of the Australian Pig Sci. Association, 27-29. november, 1989, Albury, Australija, 140- 159.*
19. Dierick, N.A. (1989): Biotechnology aids to improve feed and feed digestion: enzymes and fermentation. *Arch. anim. Nutr.* 39: 241-261.
20. Friesen, O.D., W. Guenter, B.A. Rotter, R.R. Marquardt (1991): The effect of enzyme supplementation on the nutritive value of rye grain (*Secale cereale*) for the young broiler chick. *Poultry Science* 70: 2501-2508.
21. Friesen, O.D., W. Guenter, R.R. Marquardt, B.A. Rotter (1992): The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, and rye for the young broiler chick. *Poultry Science* 71: 1710-1721.
22. Gohl, B., S. Alden, K. Elwinger, S. Thomke (1978): Influence of beta-glucanase on feeding value of barley for poultry and moisture content of excreta. *Br. Poultry Sci.* 19: 41-47.
23. Graham, H. (1991): Mode of action and application of wheat enzymes for broiler and layer diets. *Galenica Symposium, Vejen, ožujak 1991, 8.*
24. Graham, H., J.G. Fadel, C.W. Newman, R.K. Newman (1989): Effect of pelleting and  $\beta$ -glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley based diet in the pig. *J. Anim. Sci.* 67: 1293-1298.
25. Graham, H., K. Hesselman, E. Jonsson, P. Aman (1986): Influence of beta-glucanase supplementation of a barley based

- effect in the pig gastrointestinal tract. *Nutr. Rep. Int.* 34: 1089-1096.
26. Hesselman K., P. Aman (1986): The effect of beta-glucanase on the utilisation of starch and nitrogen by broiler chickens fed barley of low- or high-viscosity. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 15: 89-93.
27. Hesselman K., K. Elwinger, M. Nilsson, S. Thomke (1981): The effect of  $\beta$ -glucanase supplementation, stage of ripeness, and storage temperature of barley in diet for broiler chickens. *Poultry Science* 60: 2664-2671.
28. Hesselman K., S. Thomke (1982): Influence of some factors on the development of viscosity in the water extract of barley. *Swed. J. Agric. Res.* 12: 17-22.
29. Ikegami, S., F. Tsuchihashi, H. Harada, N. Tsuchihashi, E. Nishide, S. Innami (1990): Effects of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic biliary secretion and digestive organs in rats. *J. Nutr.* 120: 353-360.
30. Inbarr, J., R.B. Ogle (1988): Effect of enzyme treatment of piglet feeds on performance and post weaning diarrhoea. *Swedish Journal of Agricultural research* 18: 129-133.
31. Inbarr, J., M. Schmitz, F. Ahrens (1993): Effect of adding fibre and starch degrading enzymes to a barley, wheat based diet on performance and nutrient digestibility in different segments of the small intestine of early weaned pigs. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 44: 113-127.
32. Jakisch, B., H. Jeroch (1990): Untersuchungen zur Verbesserung des Futterwerts von roggenreichem Broilermastfutter durch Enzymzusatz. *Arch. Anim. Nutr.* 70: 1109-1118.
33. Jeroch, H., M. Aboud, K. H. Engerer (1988): Prüfung eines  $\beta$ -Glukanase enthaltenden Enzympräparates zy einer gersteireichen Broilermastmischung. *Arch. Anim. Nutr.* 38: 399-403.
34. Jeroch H., E. Helander, K.-H. Schloffel, K.-H., Engerer, H. Pingel, G. Gebhardt (1991): Prüfung der Wirksamkeit des Beta-Glukanase enthaltenden Enzympräparates "Avyzime" zu einer Broilermastmischung auf Gerstebasis. *Arch. Geflügelk.* 55: 22-25.
35. Kamphues, J. (1992): Risks of increasing feeding intensity in growing pigs. *Proc. 8th International Conference on Productional Diseases in Farm Animals, Berne, 24-27 kolovoz 1992*, 79-91.
36. Kirchgessner, M. (1987): *Tierenahrung*. DLG Verlag, Frankfurt (Main), 533.
37. Lindemann, M.D., S.G. Cornelius, S.M. El Kandelgy, R.L. Moser, J.E. Pettigrew (1986): Effect of age and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62: 1298-1307.
38. Longstaff, M.A., A. Knox, J.M. McNab (1988): Digestibility of pentose sugars and uronic acids and their effect on chick weight gain and caecal size. *Br. Poultry Sci.* 26: 379-393.
39. Marinšek-Logar, R., F.V. Nekrep (1993): Mikrobna razgradnja ksilana. *Zb. Bioteh. Fak., Univ. v Ljubljani, Kmetijstvo (Zootehnika)* 62: 243-255.
40. Näsi, M. (1988): Enzyme supplementation of laying hen diets based on barley and oats. V: Lyons, T.P. *Biotechnology in feed industry. Proceedings of Altech's 4th Annual symposium*, Altech technical publications, Nicholasville, Kentucky, 199-204.
41. Newman, C.W., R.F. Eslick, A.M. El-Negoumy (1983): Bacterial diastase effect on the feed value of two hullless barley for pigs. *Nutr. Rep. Int.* 28: 139-146.
42. Pettersson, D., P. Aman (1989): Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *Br. J. Nutr.* 62: 139-149.
43. Petterson, D., P. Aman (1988): Effect of enzyme supplementation of diets based on wheat, rye, or triticale on their productive value for broiler chickens. *Anim. Feed. Sci. and Technol.* 20: 313-324.
44. Ratcliffe, B. (1991): The role of the microflora in digestion. V: *In vitro digestion in pigs and poultry* (Ed. Fuller, M.F.). CAB International, 1991, 19-34.
45. Rotter, B.A. (1990): The future in crude enzyme supplements in pig nutrition. *Pig news and information* 11: 15-17.
46. Rotter B.A., O.D. Friesen, R.R. Marquardt, W. Guenther (1990): Influence of enzyme supplementation on the bioavailable energy of barley. *Poultry Science* 69: 1174-1181.
47. Rotter, B.A., R.R. Marquardt, W. Guenther, C. Biliaderis, C.W. Newman (1989): In vitro viscosity measurements of barley extracts as predictors of growth responses in chicks fed barley-based diets supplemented with a fungal enzyme preparation. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 431-439.
48. Rotter B.A., M. Neskar, W. Guenther, R.R. Marquardt (1989): Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of hullless barley in chicken diet. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 24: 233-245.
49. Salih, M.E., H.L. Classen, G.L. Campbell (1991): Response of chickens fed on hull-less barley to dietary  $\beta$ -glucanase at different ages. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 33: 139-149.
50. Salobir, J., M. Štruklec, S. Hergouth, A. Malenšek, Č. Bogdanič (1992): Enfluss des Enzympräparates "Polyzim<sup>®</sup>" auf die Verdaulichkeit und Energiewert der Broiler-Futtermischungen auf der Basis von Gerste oder Weizen. *Tagung "Internationale Tagung Schweine- und Geflügelernährung"*, 1.-3. prosinac 1992, Halle, Njemačka, 313-316.
51. Salobir, J. (1993): Nekateri problemi prehrane odstavljenih pujskov. *Sodobno kmetijstvo* 26: 318-322.
52. Thacker, P.A., G.L. Campbell, J.W.D. Grootwassink (1988): Effect of beta-glucanase supplementation on the performance of pigs fed hullless barley. *Nutr. Rep. Int.* 38: 91-99.
53. Thacker, P.A., G.L. Campbell, J.W.D. Grootwassink (1992b): Effect of salinomycin and enzyme supplementation on nutrient digestibility and the performance of pigs fed barley- and rye-based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 177-125.
54. Thacker, P.A., G.L. Campbell, J.W.D. Grootwassink (1992a): The effect of organic acids and enzyme supplementation on the performance of pigs fed barley-based diets. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 395-402.
55. Ward, T., R.R. Marquardt (1987): Antinutritional activity of a water-soluble pentosanrich fraction from rye grain. *Poultry Science* 66: 1665-1674.
56. White, W.B., H.R. Bird, M.L. Sunde, N. Prentice, W.C. Burger, J.A. Marlett (1981): The viscosity interaction of barley beta-glucan with trichoderma viride cellulase in the chick intestine. *Poultry Science* 60: 1043-1048.
57. Wiseman, J., J. Inbarr (1990): The nutritive value of wheat and its effects on broiler performance. V: *Recent advances in animal nutrition* (Ed.: Haresign, W., D.J.A. Cole). Butterworths, London, 1990, 79-102.



## SUMMARY

In last few years the addition of non starch polysaccharides (NSP), mainly  $\beta$ -glucanes and xylanes, degrading enzymes in some grain based diet for poultry and pigs have been recognised as beneficial. The addition is based on the degradation on NSP which increases the efficiency of digestion (better availability of intracellular substances, lower intestinal viscosity, increased nutrient digestibility and energy value of feed...) and leads to improved production traits. Some factors (species, age, the amount and solubility of NSP in grains, enzyme properties...) which lead to variable results are also discussed.



**Proizvodnja i trgovina poljoprivrednim i prehrambenim proizvodima**

### **PRERADA ULJARICA**

**proteinske sirovine za stočnu hranu: soja, sojine, suncokretove i repičine sačme**

### **PROIZVODNJA STOČNE HRANE**

**potpune i dopunske krmne smjese, žitarice i druge sirovine za stočnu hranu**

### **PROIZVODNJA I PROMET STOKE I MESA**

### **PROIZVODNJA I TRGOVINA CVIJEĆEM**

### **UVOZ - IZVOZ**

**AGROKOR d.d., Zagreb, Gajeva 5**

<b>Telefoni:</b>	<b>041/</b>	<b>428-011</b>
	<b>041/</b>	<b>428-298</b>
	<b>041/</b>	<b>426-638</b>
<b>Telefaks:</b>	<b>041/</b>	<b>416-680</b>
	<b>041/</b>	<b>423-446</b>