

Zastosowanie enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe w żywieniu świń

Ewa Hanczakowska¹, Ewa Koczywas²

¹*Instytut Zootechniki - PIB, Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

²*DSM Nutritional Products Sp. z o.o., ul. Tarczyńska 113, 96-320 Mszczonów*

Pasze pochodzenia roślinnego, zwłaszcza zboża, zawsze były podstawą żywienia zwierząt gospodarskich, a także pośrednio i bezpośrednio ludzi. Obecnie, w związku z zakazem stosowania w żywieniu zwierząt mączek zwierzęcych pasze roślinne nabierają jeszcze większego znaczenia.

Jednym z podstawowych składników surowców roślinnych oznaczanych w tzw. analizie podstawowej jest włókno, nazywane też, głównie w pracach dotyczących żywienia ludzi, błonnikiem. Włókno jest kompleksem różnych składników o zróżnicowanej budowie chemicznej, są to mniej lub bardziej złożone węglowo-

dany. W skład włókna wchodzi substancje pochodzenia roślinnego, odporne na działanie enzymów trawiennych człowieka, zawierające składniki błon komórkowych oraz wewnątrzkomórkowe polisacharydy.

Pod względem chemicznym nazwą tą obejmuje się głównie sumę polisacharydów nieskrobiowych i lignin (Prosky, 1999). Zalicza się do niego także inne substancje pochodzenia roślinnego, takie jak skrobia oporna, nie rozkładana przez enzymy trawienne zwierząt monogastrycznych. Włókno występuje głównie w zbożach, roślinach strączkowych, owocach i jarzynach.

Tabela 1. Budowa chemiczna składników włókna roślinnego (Hasik i in., 1997)

Table 1. Chemical structure of plant fibre components (Hasik et al., 1997)

Cząsteczka <i>Molecule</i>	Monomer <i>Monomer</i>	Rozpuszczalność <i>Solubility</i>	Masa cząsteczkowa <i>Molecular weight</i>
Hemicelulozy <i>Hemicelluloses</i>	ksyloza, arabinoza, mannoza, galaktoza, glukoza <i>xylose, arabinose, mannose, galactose, glucose</i>	rozpuszczalne w wodzie i ługach <i>soluble in water and lyes</i>	11 000-24 000
Celuloza <i>Cellulose</i>	glukoza <i>glucose</i>	nierozpuszczalne w ługach <i>insoluble in lyes</i>	250 000-2 000 000
Pektyny <i>Pectins</i>	kwas galakturonowy, galaktoza, arabinoza <i>galacturonic acid, galactose, arabinose</i>	rozpuszczalne w wodzie <i>soluble in water</i>	60 000-90 000
Lignina <i>Lignin</i>	fenylopropan <i>phenylpropane</i>	nierozpuszczalne w 12 M H ₂ SO ₄ <i>insoluble in 12 M H₂SO₄</i>	4600-8000

Część substancji wchodzących w skład włókna rozpuszcza się w wodzie, np. pektyny, gumy i część hemiceluloz, inne, jak celuloza, lignina oraz niektóre hemicelulozy są w wodzie nierozpuszczalne. Rozpuszczalność warunkuje fizjologiczne działanie włókna. I tak, włókno pokarmowe rozpuszczalne pęcznieje w jelicie cienkim tworząc żele o dużej lepkości, co wydłuża czas przechodzenia treści przez przewód pokarmowy. Ponadto, absorbuje niektóre substancje szkodliwe zapobiegając ich wchłanianiu przez jelita, hamując jednak równocześnie

wchłanianie niektórych składników odżywczych paszy. Włókno nierozpuszczalne, głównie celuloza, posiada zdolność wiązania wody, przez co zwiększa objętość treści pokarmowej w jelicie cienkim i wpływa na jego perystaltykę.

Zawartość frakcji polisacharydów nieskrobiowych (NSP) w paszach podlega dużym wahaniom i zależy od rodzaju rośliny, odmiany, warunków klimatycznych i terminu zbioru. Zboża charakteryzują się wysoką zawartością NSP bezpośrednio po zbiorach, a ilość ich obniża się w czasie przechowywania.

Tabela 2. Zawartość frakcji NSP w zbożach (g) (Tarczykowski, 1998)
Table 2. NSP fraction content of cereals (g) (Tarczykowski, 1998)

Pasza Fodder	Beta-glukany Beta-glucans	Pentozany Pentosans	Całkowite NSP Total NSP
Pszenica - <i>Wheat</i>	2-15	55-95	75-106
Żyto - <i>Rye</i>	5-30	75-91	107-128
Pszennyto - <i>Triticale</i>	2-20	54-69	74-103
Jęczmień - <i>Barley</i>	15-107	57-70	135-172
Kukurydza - <i>Maize</i>	1-2	40-43	55-117

Choć włókno pokarmowe nie jest trawione przez enzymy endogenne zwierząt, to ulega hydrolizie mikrobiologicznej, zwłaszcza w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego, głównie w jelicie ślepy, a powstałe krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe mogą w pewnym stopniu zaspokajać zapotrzebowanie świń na energię. Z drugiej strony, większa ilość fermentujących polisacharydów nieskrobiowych zwiększa masę tkanek jelita grubego, co przy jego wysokiej aktywności metabolicznej powoduje ich większe zapotrzebowanie na energię. Może to z kolei obniżyć ilość energii dostępnej dla wzrostu zwierzęcia (Bakker i in., 1998).

Omówione działanie włókna dotyczy zwierząt monogastrycznych dorosłych. Zwierzęta młode, na przykład prosięta, o nie do końca wykształconym systemie trawiennym, gorzej znoszą podwyższoną zawartość włókna w dawce pokarmowej i dla nich jest ono w zasadzie antyodżywczym składnikiem paszy. Z tego względu w żywieniu prosiąt, zwłaszcza po odsadzeniu, stosuje się rozkładające włókno enzymy fibrolityczne, przeważnie pochodzenia mikrobiologicznego, wspomagające ich system trawienny.

Według Lindermana i in. (1986) całkowita ilość enzymów trawiennych wydzielanych

przez trzustkę rośnie u prosiąt liniowo od urodzenia do momentu odsadzenia od lochy. Stres związany z odsadzeniem powoduje gwałtowny spadek aktywności amylaz, proteaz i lipaz w ciągu następującego po nim tygodnia. Ponieważ obecne w przewodzie pokarmowym włókno może obniżać strawność innych składników pokarmowych, dodatek enzymów fibrolitycznych może poprawić ich przyswajalność.

I tak, Li i in. (1996) stosowali w żywieniu prosiąt z przetokami, założonymi w końcowym odcinku jelita cienkiego dodatek β -glukanazy, enzymu rozkładającego β -glukany, do paszy opartej na nagim jęczmieniu lub pszenicy i soi. W przypadku pierwszej paszy enzym podnosił strawność jelitową energii, białka, β -glukanów i większości aminokwasów, a w całym przewodzie pokarmowym strawność energii, białka i wszystkich badanych aminokwasów. Autorzy sądzą, że brak poprawy strawności β -glukanów w całym przewodzie pokarmowym, a więc mierzonej w stosunku do kału, w porównaniu z dawką kontrolną bez dodatku enzymu, był wynikiem rozkładu tych związków przez mikroflorę w końcowych partiach przewodu pokarmowego.

Poprawę strawności składników pokar-

mowych, zwłaszcza białka, tłuszczu i włókna, po dodaniu ksylanazy do paszy dla prosiąt, której podstawą była pszenica i pszenżyto, stwierdziły Hanczakowska i Świątkiewicz (2006).

W doświadczeniu Grahama i in. (1989), przeprowadzonym na starszych, 80-kilogramowych świnia, dodatek β -glukanazy nie poprawiał strawności energii, białka, tłuszczu ani włókna, ani w jelicie cienkim ani w całym przewodzie pokarmowym. Zdaniem autorów było to wynikiem wyższej aktywności enzymów w jelicie cienkim starszych zwierząt. O wyższej strawności energii i białka ogólnego

w jelicie cienkim, kosztem jelita grubego, po dodaniu β -glukanazy w przypadku starszych świń świadczą również wyniki uzyskane przez Tavernera i Campbella (1988). Oba te składniki, trawione w wysokim stopniu w jelicie cienkim, praktycznie nie są rozkładane w jelicie grubym po dodaniu enzymu (tab. 2). W sumie strawność w całym przewodzie pokarmowym jest podobna, jednak substancje powstałe z rozkładu (zwłaszcza białka) w jelicie cienkim mogą być wykorzystane znacznie lepiej niż po hydrolizie w jelicie grubym.

Tabela 3. Strawność energii i białka w jelicie cienkim i grubym u tuczników żywionych paszą opartą o jęczmień z dodatkiem lub bez β -glukanazy (Taverner i Campbell, 1988)

Table 3. Energy and protein digestibility in the small and large intestine of pigs receiving barley-based feed with or without β -glucanase (Taverner and Campbell, 1988)

Miejsce trawienia <i>Digestion site</i>		Strawność (%) – <i>Digestibility (%)</i>	
		energia - <i>energy</i>	białko - <i>protein</i>
Jelito cienkie <i>Small intestine</i>	kontrola - <i>control</i>	61,2	63,7
	enzym – <i>enzyme</i>	77,8	76,9
Jelito grube <i>Large intestine</i>	kontrola - <i>control</i>	17,3	11,0
	enzym – <i>enzyme</i>	0,3	0,2
Cały przewód pokarmowy <i>Total digestive tract</i>	kontrola - <i>control</i>	78,4	74,7
	enzym - <i>enzyme</i>	78,4	76,7

Efekt otrzymywany przy zastosowaniu dodatku enzymu zależy od szeregu czynników, takich jak skład dawki, aktywność enzymu czy wiek zwierzęcia.

Inną grupą enzymów paszowych, związanych także z obecnością trudno strawnych węglowodanów w zbożach, są pentozanazy. Należą do nich: pektynaza, ksylanaza i arabinksylianaza. Enzymy te dodawane są do mieszanek z dużym udziałem żyta, pszenżyta, a także pszenicy, chociaż udział węglowodanów nieskrobiowych w tej ostatniej jest najmniejszy. Ksylanaza rozkłada ksylany i arabiniany – wielocukry złożone z cząsteczek pentoz: ksylozy i arabinozy. Ich działanie antyodżywcze jest podobne jak β -glukanów: tworzą roztwory o dużej lepkości, obniżając przyswajalność substancji odżywczych. W przeciwieństwie do β -glukanazy, stosowanej głównie jako dodatek do pasz opartych na jęczmieniu bogatym w β -glukany, dodatek ksylanazy stosuje się przeważnie w paszach zawierających pszenicę. Często oba te

enzymy stosowane są łącznie, co rozszerza zakres ich działania. Takie synergistyczne działanie glukanazy i ksylanazy stwierdzili na przykład Mathlouthi i in. (2002).

Rezultaty doświadczeń nad stosowaniem ksylanazy w żywieniu świń są niejednoznaczne. Wczesne niemieckie badania *in vitro* nad wpływem enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe (Vahjen i Simon, 1999) wykazały, że preparaty handlowe wymagały jeszcze znacznych ulepszeń. Zwłaszcza preparaty ksylanazy były mało odporne na podwyższoną temperaturę. Mavromichalis i in. (2000) nie uzyskali pozytywnych wyników w przypadku odsadzonych prosiąt, a jedynie niewielką poprawę przyrostów tuczników w późnej fazie tuczu (od 90 do 115 kg). Mogło to być wynikiem składu dawek: pasze dla dorosłych zwierząt zawierały więcej pszenicy niż pasze dla prosiąt. Poza tym, użyta w tych badaniach pszenica zawierała stosunkowo niewielkie ilości pentozanów. Bartelt i in. (2002) badali strawność jelitową u prze-

tokowanych świń otrzymujących paszę opartą na życie i pszenicy bez dodatku i z dodatkiem ksylanazy. Enzym w znacznym stopniu obniżał lepkość treści jelitowej i poprawiał strawność suchej masy oraz rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych form włókna w końcowym odcinku jelita cienkiego, odpowiednio z 1,3 do 47,9 oraz z 17 do 35,4%. Pewną poprawę przyrostów świń po zastosowaniu dodatku ksylanazy stwierdzili Barrera i in. (2004) stosując sztuczną dawkę, w której pszenica stanowiła jedyne źródło energii i białka.

O znaczeniu rodzaju zastosowanego zboża świadczą wyniki doświadczenia Zijlstry i in. (2004). W żywieniu prosiąt stosowali oni 6 odmian pszenicy o zróżnicowanej zawartości włókna – od 2,01 do 3,57%. Pszenica stanowiła 65% paszy. W pierwszej fazie doświadczenia dodatek ksylanazy poprawił przyrosty dzienne w przypadku pięciu odmian, natomiast nie sprawdził się w przypadku jednej. W przekroju całego doświadczenia trwającego 3 tygodnie dodatek enzymu poprawił wykorzystanie paszy, ale nie miał wpływu na przyrosty.

Porównując wpływ dodatku glukanazy lub ksylanazy do tej samej – zawierającej głównie jęczmień, lecz również pszenicę – dawki dla prosiąt, Hanczakowska i in. (2006) w przypadku młodych prosiąt odsadzonych od lochy w 28. dniu życia stwierdzili, że w okresie od 28. do 56. dnia życia β -glukanaza poprawiała średnie przyrosty prosiąt o 36%. Pomiedzy 56. a 70. dniem życia poprawa była mniejsza i wynosiła do 26%. W ciągu całego doświadczenia od 28. do 99. dnia życia glukanaza poprawiała przyrosty o 17%, a ksylanaza o 15%. W kolejnym doświadczeniu, w którym prosięta odsadzono od lochy w 42. dniu życia, po dodaniu ksylanazy uzyskano w okresie od 42. do 84. dnia życia wzrost przyrostów o 14%, natomiast glukanaza okazała się mniej efektywna i poprawa wynosiła 11%.

Cadogan i in. (2002) przeprowadzili doświadczenie, mające na celu określenie najbardziej ekonomicznej dawki handlowego preparatu ksylanazy, przy czym rekomendacja producenta wynosiła 1000 g na tonę paszy. Doświadczenie przeprowadzono na świniach o początkowej masie ciała 24 kg, a pasza zawierała 65%, jak to określili autorzy, „pszenicy średniej jakości”. Dodatek enzymu wynosił 0, 250, 500, 750, 1000 lub 1400 g na tonę paszy. Największą poprawę

przyrostów stwierdzono po zastosowaniu 250 g ksylanazy, a najlepsze wykorzystanie paszy w przypadku 500 g. Te dwa poziomy, wbrew zaleceniom producenta, uznano za najbardziej uzasadnione ekonomicznie.

Glukanazę i ksylanazę stosuje się również w preparatach wzbogaconych o inne enzymy, na przykład rozkładającą skrobię amylazę. Zestaw tych trzech enzymów dodany do pasz zawierających dwie odmiany jęczmienia (Pettitt i in., 2004) dał pozytywny rezultat w przypadku obu odmian, wystąpiły jednak wyraźne różnice między odmianami. Autorzy wnioskują więc, że skuteczność enzymów zależy w znacznym stopniu od antyodżywczych właściwości użytego w paszy jęczmienia. Taka sama kombinacja enzymów zastosowana w przypadku dawki opartej na pszenicy, jęczmieniu i kukurydzy (Morillo i in., 2003) poprawiała przyrosty prosiąt o 16% w okresie od 21. do 35. dnia życia i o 5% w okresie od 35. do 57. dnia.

Nie jest jasne, jak dodatek egzogennych enzymów wpływa na sekrecję endogennych enzymów trawiennych prosiąt. Chociaż Diebold i in. (2004) stwierdzili wzrost strawności jelitowej białka po dodaniu do dawki β -glukanazy i ksylanazy, to według Inborra i in. (1994) stosowane w paszach enzymy mogą nawet obniżać aktywność enzymów wytwarzanych przez trzustkę. Również Sileikiene i in. (2006), podając przetokowanym prosiętom ksylanazę lub fosfolipazę albo oba te enzymy razem, nie stwierdzili zwiększonej aktywności maltazy, lipazy ani α -amylazy, wnioskują więc, że dodatek egzogennych enzymów do dawki dla prosiąt nie ma wpływu na aktywność enzymów trzustki.

Vahjen i in. (2007) porównywali wpływ dodatku polienzymu lub monoenzymu (ksylanazy) do paszy dla prosiąt opartej o pszenicę. Oba dodatki, chociaż charakteryzowała je różna aktywność, nieistotnie poprawiły przyrosty, ale tylko ksylanaza istotnie poprawiała wykorzystanie paszy. Ponadto, tylko monoenzym poprawiał strawność jelitową aminokwasów. Oba preparaty zmniejszyły lepkość treści jelita cienkiego, co autorzy uznali za główną zaletę tych preparatów.

Najbogatszy zestaw enzymów stosowali Omogbenigun i in. (2004). Do paszy dla 25-dniowych prosiąt, opartej na kukurydzy, pszenicy i nagim jęczmieniu, dodawali oprócz glukanazy i ksylanazy preparaty zawierające w róż-

nych kombinacjach: amylazy, proteazy, celulazę i fitazę. Nic też dziwnego, że we wszystkich przypadkach uzyskali wzrost strawności składników paszy i we wnioskach stwierdzają, że przy właściwych kombinacjach enzymów młode świnię mogą efektywnie wykorzystywać paszę

normalnie słabo przyswajalną. Enzymy mogą zwiększać swobodę w komponowaniu dawki i umożliwiać stosowanie surowców o niższej jakości. Stosowanie preparatów wieloenzymatycznych pozwala też na zmniejszenie wydalania do środowiska azotu i fosforu.

Tabela 4. Efekty stosowania enzymów paszowych w dawkach dla świń według różnych autorów
Table 4. Effects of using feed enzymes in pig diets according to different authors

Enzym <i>Enzyme</i>	Świnie <i>Pigs</i>	Pasza <i>Feed</i>	Poprawa (%) <i>Improvement (%)</i>	Autorzy <i>Authors</i>
Ksylanaza, Beta-glukanaza <i>Xylanase, Beta-glucanase</i>	prosięta <i>piglets</i>	jęczmień, soja <i>barley, soybean</i>	przyrosty – 17% <i>gains – 17%</i>	Bedford i in. (1992) <i>Bedford et al. (1992)</i>
Beta-glukanaza <i>Beta-glucanase</i>	tuczniaki <i>fatteners</i>	jęczmień, soja <i>barley, soybean</i>	brak efektów <i>no effects</i>	Thacker i in. (1992) <i>Thacker et al. (1992)</i>
Ksylanaza, Beta-glukanaza <i>Xylanase, Beta-glucanase</i>	prosięta <i>piglets</i>	jęczmień, soja <i>barley, soybean</i>	przyrosty – 11,3% <i>gains – 11.3%</i> pobranie paszy – 11,5% <i>feed intake – 11.5%</i>	Cos i in. (1993) <i>Cos et al. (1993)</i>
Ksylanaza, Beta-glukanaza <i>Xylanase, Beta-glucanase</i>	prosięta <i>piglets</i>	jęczmień, pszenica, soja <i>barley, wheat, soybean</i>	przyrosty – 6,9% <i>gains – 6.9%</i> wykorzystanie paszy – 6,3% <i>feed conversion – 6.3%</i>	Cos i in. (1993) <i>Cos et al. (1993)</i>
Beta- glukanaza, Galaktozydaza, Mannaza <i>Beta-glucanase, Galactosydase, Mannase</i>	prosięta <i>piglets</i>	kukurydza, soja <i>maize, soybean</i>	strawność aminokwasów <i>amino acid digestibility</i> przyrosty – 5,1% <i>gains – 5.1%</i> wykorzystanie paszy – 7,0% <i>feed conversion – 7.0%</i>	Kim i in. (2003) <i>Kim et al. (2003)</i>
Ksylanaza <i>Xylanase</i>	prosięta <i>piglets</i>	pszenica <i>wheat</i>	przyrosty – 17% <i>gains – 17%</i> wykorzystanie paszy – 14% <i>feed conversion – 14%</i>	Barrera i in. (2004) <i>Barrera et al. (2004)</i>
Beta-glukanaza <i>Beta-glucanase</i>	prosięta <i>piglets</i>	jęczmień, pszenica, soja <i>barley, wheat, soybean</i>	przyrosty – 17% <i>gains – 17%</i> wykorzystanie paszy – 5,2% <i>feed conversion – 5.2%</i>	Hanczakowska i in. (2006) <i>Hanczakowska et al. (2006)</i>
Ksylanaza <i>Xylanase</i>	tuczniaki <i>fatteners</i>	jęczmień, pszenica, soja <i>barley, wheat, soybean</i>	przyrosty – 2,2% <i>gains – 2.2%</i> wykorzystanie paszy – 2,5% <i>feed conversion – 2.5%</i>	Hanczakowska (dane niepublikowane) <i>Hanczakowska (unpublished data)</i>

Dopuszczone do stosowania w żywieniu zwierząt enzymy produkowane są przez szereg firm pod różnymi nazwami handlowymi, ale w oparciu o takie same substancje czynne, jak beta-glukanaza, ksylanaza, proteaza, alfa-amyłaza, hemiceluloza.

*

Podsumowując opisane badania można zauważyć, że dodatek enzymów rozkładających polisacharydy nieskrobiowe może dawać pozy-

tywne rezultaty zwłaszcza w żywieniu prosiąt, ale także zwierząt starszych. Czynnikiem decydującym o opłacalności stosowania enzymów wydaje się być skład dawki pokarmowej, a zwłaszcza rodzaj i jakość zawartego w niej zboża.

W sytuacji rosnących cen pasz białkowych i zbóż stosowanie enzymów paszowych, które poprawiają ich wykorzystanie, może zwiększyć opłacalność chowu.



Locha złotnicka pstra z prosiętami (fot. M. Szyndler-Nędza) – *A Złotnicka Spotted sow with piglets*
(photo: M. Szyndler-Nędza)

Literatura

Bakker G.C., Dekker R.A., Jongbloed R., Jongbloed A.W. (1998). Non-starch polysaccharides in pig feeding. *Vet. Q.*, 20, Suppl., 3: 59–64.

Barrera M., Cervantes M., Sauer W.C., Araiza A.B., Torrentera R., Cervantes M. (2004). Ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs fed wheat-based diets supplemented with xylanase. *J. Anim. Sci.*, 82: 1997–2003.

Bartelt J., Jadamus A., Wiese F., Swiech E., Buraczewska L., Kimon O. (2002). Apparent prececal digestibility of nutrients and level of endogenous nitrogen in digesta of the small intestine of growing pigs as affected by various digesta viscosities. *Arch.*

Tierernähr., 56, 2: 93–107.

Bedford M.R., Patience J.F., Classen H.L., Inbarr J. (1992). The effect of dietary supplementation of rye- and barley-based diets on digestion and subsequent performance in weaning pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 72: 97–105.

Cadogan J., Simmins H., Partridge G., Argent C. (2002). Effects of increasing xylanase supplementation of medium quality wheat based diets on the growth performance of entire males between 24 and 56 kg live weight. *J. Anim. Sci.*, 80, Suppl., 1: 39.

Cos R., Esteve-Garcia E., Brufau J. (1993). Effect of

- β -glucanase in barley based diets and xylanase in wheat based diets for weaning piglets. W: Wenk C., Boessinger M. *Enzymes in animal nutrition*. Kartause Ittingen, Thurgau, Switzerland, ss. 129–132.
- Diebold G., Mosenthin R., Piepho H.P., Sauer W.C. (2004). Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weaning pigs on nutrient digestibility and concentration of microbial metabolites in ileal digesta and feces. *J. Anim. Sci.*, 82: 2647–2656.
- Graham H., Fadel J.G., Newman C.W., Newman R.K. (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.
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M. (2006). The efficiency of xylanase in weaned piglets feeding. Proc. 3rd International Conference: Application of scientific achievement in the field of genetics, reproduction, nutrition, carcass and meat quality in modern pig production. ATR, Bydgoszcz, 29–30. 06. 2006, s. 139.
- Hanczakowska E., Urbańczyk J., Kühn I., Świątkiewicz M. (2006). Effect of glucanase and xylanase supplementation of feed for weaned piglets. *Ann. Anim. Sci.*, 6, 1: 101–108.
- Hasik J., Dobrzańska A., Bartnikowska E.Y. (1997). Rola włókna roślinnego w żywieniu człowieka. Wyd. SGGW, Warszawa, s. 109.
- Inbarr J., Jensen B.B., Bach Knudsen K.I., Jensen S.M., Jakobsen M.K. (1994). Enzyme supplementation of barley-based pig starter diets improves the efficiency of digestion by changing the conditions in the gastrointestinal tract. W: Souffrant W.B., Hagemeyer H. (wyd.). Proc. VI Int. Symp. Digestive Physiol. in Pigs, Bad Doberan (Germany), EAAP Publ., 80, 2: 352–354.
- Kim S.W., Knabe D.A., Hong K.J., Easter R.A. (2003). Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based nursery diets. *J. Anim. Sci.*, 81: 2496–2504.
- Li S., Sauer W.C., Huang S.X., Gabert V.M. (1996). Effect of β -glucanase supplementation to hullless barley- or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β -glucans, and amino acids in young pigs. *J. Anim. Sci.*, 74: 1649–1656.
- Linderman M.D., Cornelius S.G., Kandelgy S.M., Moser R.L., Pettgrew J.E. (1986). Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.*, 62: 1298–1307.
- Mathlouthi N., Saulnier L., Quemener B., Larbier M. (2002). Xylanase, beta-glucanase, and other side enzymatic activities have greater effects on the viscosity of several feedstuffs than xylanase and beta-glucanase used alone or in combination. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 5121–5127.
- Mavromichalis I., Hancock J.D., Senne B.W., Gugle T.L., Kennedy G.A., Hines R.H., Wyatt C.L. (2000). Enzyme supplementation and particle size of wheat in diets for nursery and finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 78: 3086–3095.
- Morillo A., Villalba D., McCartney E., Gracia M.I., Medel P. (2003). Enzyme supplementation to piglet diets. *J. Anim. Sci.*, 81, Suppl., 1: 319–320.
- Omogbenigun F.O., Nyachoti C.M., Słominski B.A. (2004). Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. *J. Anim. Sci.*, 82: 1053–1061.
- Pettitt M.J., Simmins P.H., Beltranena E. (2004). The effect of β -glucanase, xylanase and α -amylase combinations in barley-based diets on the performance of weaner pigs. *J. Anim. Sci.*, 82, Suppl., 2: 70.
- Prosky L. (1999). What is fibre? Current controversies. *Trends Food Sci. Techn.*, 10: 271–275.
- Sileikiene V., Diebold G., Tafaj M., Mosenthin R. (2006). Effects of supplementation of xylanase, phospholipase or combination of both to a wheat-based diet on digestive function in early-weaned piglets. *J. Anim. Feed Sci.*, 15: 47–55.
- Tarczykowski A. (1998). Wykaz dodatków paszowych dopuszczonych przez MRiGŻ do obrotu i stosowania w żywieniu zwierząt. PPH „Vit-TRA”, s. 124.
- Taverner M.R., Campbell R.G. (1988). The effects of protected dietary enzymes on nutrient absorption in pigs. W: Buraczewska L., Buraczewski S., Pastuszewska B., Żebrowska T. (wyd.) Proc. 4th Int. Symp. Digestive Physiol. in Pigs, PAN, Jabłonna, s. 337.
- Thacker P.A., Campbell G.L., Groolwassink J.W.D. (1992). Effect of salinomycin and enzyme supplementation on nutrient digestibility and the performance of pigs fed barley- or rye-based diets. *Can. J. Anim. Sci.*, 72: 117–125.
- Vahjen W., Simon O. (1999). Biochemical charate-

ristics of non starch polysaccharide hydrolyzing enzyme preparations designed as feed additives for poultry and piglet nutrition. Arch. Tierernähr., 52, 1: 1–14.

Vahjen W., Osswald, Schäfer K., Simon O. (2007). Comparison of a xylanase and a complex of non starch polysaccharide-degrading enzymes with regard

to performance and bacterial metabolism in weaned piglets. Arch Tierernähr., 61, 2: 90–102.

Zijlstra R.T., Overend D., Schalm M., Owusu-Asiedu A., Simmins P.H., Patience J.F. (2004). Effect of wheat quality and xylanase supplementation on performance of weaned pigs fed pelleted diets. J. Anim. Sci., 82, Suppl., 2: 71.

APPLICATION OF NON-STARCH POLYSACCHARIDE DEGRADING ENZYMES IN PIG NUTRITION

Summary

Fibre is one of the main components of feeds and foods of plant origin. It is a complex of carbohydrates originating from seed coats and cell walls, mainly non-starch polysaccharides (NSP) and lignin. They are not digested by endogenous enzymes of monogastric animals. Some of these compounds are water soluble (e.g. pectins, gums and some hemicelluloses), others (such as cellulose or lignin) are insoluble in water. Their physiological activity depends on their solubility. Young animals with not fully developed gastro-intestinal tract and digestive system are especially sensitive to high fibre content in feeds. Many experiments have proved that digestibility of fibre by young animals e.g. piglets can be improved by supplementing feed with commercially produced enzymes such as xylanase or glucanase. The effect of such supplementation depends on feed composition, enzyme activity and animal maturity. Better results are obtained when not one but two or three enzymes are used at the same time.



fot. red.