

rajającej gniecione ziarno zbóż niż mieszanki srurowanej lub granulowanej.

Przy skarmianiu mieszanek treściwych z wytlóczynami z rzepaku żółtonasiennego, w porównaniu z wytlóczynami z rzepaku o ciemnej okrywie, dzienne przyrosty masy ciała cieląt były większe o około 10-11% przed odłączeniem i o 5-7% w całym okresie odchowu.

Literatura: 1. Bjergegaard C., Sørensen H., Sørensen S.: *J. Anim. Feed Sci.*, 6, 145-161, 1997. 2. Danielsen V., Eggum B.O., Jensen S.K., Sørensen H.: *Anim. Feed Sci. Tech.*, 46, 239-250, 1994. 3. Doppenberg J., Palmquist D.L.: *Livest. Prod. Sci.*, 29, 151-166, 1991. 4. Friedman M.: *J. Agr. Food Chem.*, 44, 6-29, 1996. 5. Greenwood R.H., Morrill J.L., Titgemeyer E.C., Kennedy G.A.: *J. Dairy Sci.*, 80, 2534-2541, 1997. 6. Greenwood R.H., Morrill J.L., Titgemeyer E.C., Kennedy G.A.: *J. Dairy Sci.*, 80, 2542-2546, 1997. 7. Guilloteau P., Toullec R., Grongnet J.F., Patureau-Mirand P., Prugnaud J., Sauvant D.: *Brit. J. Nutr.*, 55, 571-592, 1986. 8. INRA: Institut National de la Recherche Agronomique. Alimentation des Bovins, Ovins, Caprins (R. Jarrige, Editor). Paris, pp. 135-184, 1988. 9. IZ-INRA: Instytut Zootechniki. Normy Żywienia bydła, owiec i kóz. Omnitech Press, Warszawa 1997. 10. Kolar C.W., Wagner T.J.: Alternative protein use in calf milk replacer. In: J.H.M. Metz and C.M. Groenestein (Editors). *New Trends in veal calf production*. Pudoc, Wageningen, 211-215, 1991. 11. Lalles J.P.: *Livest. Prod. Sci.*, 34, 181-202, 1993. 12. Lalles J.P., Huet A., Quillien L., Plumb G.W., Mills E.N.C., Morgan M.R.A., Toullec R.: Duodenal passage of immunoreactivity glycin and β -conglucinin from soyabean in preruminant calves. Proc. III International Workshop on „Antinutritional factors in legume seed and rape seed” (Editors): Jansman A.J.M., Hill G.D., Huisman J., van der Poel A.F.B., Wageningen Pers, 255-258, 1998.

13. Lammers B.P., Heinrichs A.J., Aydin A.: *J. Dairy Sci.*, 81, 1940-1945, 1998. 14. Longenbach J.I., Heinrichs A.J.: *Anim. Feed Sci. Tech.*, 73, 85-97, 1998. 15. Mabona N., Mandiki S.N.M., Derycke G., Bister J.L., Wathelet J.P., Marlier M., Paquay R.: *Anim. Feed Sci. Tech.*, 85, 11-120, 2000. 16. Petit H.V., Ivan M., Brisson G.J.: *J. Dairy Sci.*, 72, 123-128, 1989. 17. Potkański A., Nowak W.: *Top Agrar Polska*, 12/96, 62-63, 1996. 18. Sissons J.W., Tolman G.H.: Antinutritional properties of soyabean antigens in calves. In: Toxic factors in crop plants. D'Mello J.P.F., Duffus C.M. (Editors). *Proceedings of 2nd Spring Conference*. Edinburgh, 62-85, 1991. 19. Smulikowska S., Patuszewska B., Ochtabińska A., Miecznikowska A.: *J. Anim. Feed Sci.*, 7, 415-428, 1998. 20. Szyszkowska A., Preś J., Jamroz D.: Effect of fat addition to protein feeds and their degradability in rumen and intestines of young cattle. *Proceedings of Satellite Symposium to VIII ISRP*, 22-23 September, Warsaw, Poland, 1994. 21. Terosky T.L., Heinrichs A.J., Wilson L.L.: *J. Dairy Sci.*, 80, 2977-2983, 1997. 22. Thomas M., Van Vliet T., Van Der Poel A.F.B.: *Anim. Feed Sci. Tech.*, 70, 59-78, 1998. 23. Toullec R., Lalles J.P., Bouchez P.: *Anim. Feed Sci. Tech.*, 50, 101-112, 1994. 24. Turkur H.M., Pardal B.P., Formal M., Toullec R., Lalles J.P., Guilloteau P.: *Reprod. Nutr. Develop.*, 35, 27-44, 1995. 25. Van Kempen G.J.M., Huisman J.: Introductory remarks: some aspects of skim-milk replacement by other protein sources in veal-calf diets. In: J.H.M. Metz and C.M. Groenestein (Editors), *New Trends in Veal Calf Production*, Pudoc, Wageningen: 201-205, 1991. 26. Villalba J.J., Provenza F.D.: *Applied Animal Behaviour Science*, 63, 145-163, 1999. 27. Visser A., Tolman G.H.: The influence of various processing conditions on the level of antinutritional factors in soya protein products and their nutritional value for young calves. *Proceedings of the Second International Workshop on „Antinutritional Factors (ANFs) in Legume Seeds*, Wageningen, the Netherlands, 1-3 December 1993, 447-453, 1993.

Wpływ enzymów paszowych na rozwój przewodu pokarmowego i wzrost kurcząt brojlerów

Stefania Smulikowska

IFIŻZ PAN w Jabłonnie

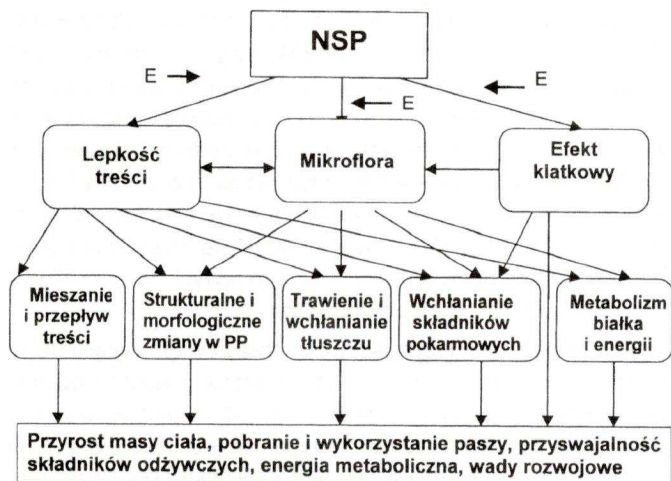
Enzymy paszowe są od około 10 lat powszechnie akceptowanym dodatkiem do pasz dla drobiu, który zwiększa potencjał trawienny ptaków, uzupełniając go o enzymy nie wytwarzane przez organy wydzielnicze ptaków. Niektóre z tych enzymów (hydrolizujące węglowodany nieskrobiowe o dużej lepkości) znajdują zastosowanie głównie w mieszankach dla ptaków młodych, inne (fitazy rozkładające fityny) stosuje się także w żywieniu ptaków dorosłych. Dodatni wpływ enzymów paszowych na wykorzystanie paszy i rozwój ptaków zależy przede wszystkim od składu mieszanek. Enzymy rozkładają związki organiczne pasz roślinnych nie trawione przez ptaki; związki te wykazują tzw. działanie antyżywniowe, czyli pogarszają trawienie i wchłanianie substancji odżywczych.

Niektóre z tych związków (węglowodany nieskrobiowe – NSP), których roztwory charakteryzują się dużą lepkością, stymulują namnażanie się niekorzystnej dla ptaków mikroflory w przewodzie pokarmowym.

Zakłóceniom w funkcjonowaniu przewodu pokarmowego wywołanym przez mikroflorę można zapobiegać dodając do paszy enzymy lub niewielkie ilości antybiotyków paszowych (tzw. stymulatory wzrostu). Obecnie nasila się tendencja do całkowitego wykluczenia antybiotyków z pasz zwierzęcych, wobec czego zastosowanie enzymów paszowych, które nie wykazują żadnego niekorzystnego działania ubocznego, nabiera coraz większego znaczenia.

Na rysunku przedstawiono przypuszczalny model działania NSP na funkcjonowanie przewodu pokarmowego i organizm ptaków. Enzymy hydrolizujące lepkie NSP wpływają na obniżenie lepkości treści, zmniejszenie populacji niekorzystnej dla ptaków mikroflory i złagodzenie efektu klatkowego, przez co pośrednio oddziałują korzystnie na funkcjonowanie przewodu pokarmowego ptaków, a tym samym na pobranie składników odżywczych oraz przyswajalność i wykorzystanie paszy. Umożliwia to normalny rozwój i wzrost nawet przy żywieniu paszami, które kilkanaście lat temu uważano za nieodpowiednie lub wręcz niedopuszczalne w żywieniu młodych ptaków.

Wpływ NSP i enzymów egzogennych na lepkość treści pokarmowej. Lepkość roztworów wodnych NSP zależy od wielkości, budowy, struktury i konfiguracji ich cząsteczek, a także od ich stężenia w roztworze. W pewnym zakresie stę-



Rys. Model działania węglowodanów nieskrobiowych (NSP) oraz enzymów

zeń jest to zależność liniowa, a po jego przekroczeniu zmienia się na wykładniczą, tzn. wzrasta zgodnie z log stężenia, uwodnione cząsteczki NSP łączą się bowiem z sobą, tworząc hydrożele. W badaniach na kurczętach stwierdzono [2], że lepkość treści była najsilniej skorelowana z zawartością frakcji NSP o ciężarze cząsteczkowym większym niż 500 kDa, która stanowiła mniej niż 15% całkowitej ilości rozpuszczalnych NSP. Zależności te zostały szczegółowo omówione przez Smulikowską [19]. Duża lepkość treści jelita cienkiego pogarsza warunki do trawienia i wchłaniania składników odżywczych z mieszanek paszowych.

Enzymy egzogenne rozkładają cząsteczki rozpuszczalnych NSP o dużych rozmiarach i rozgałęzionej budowie na mniejsze fragmenty, co powoduje obniżenie lepkości treści przewodu pokarmowego, wskutek czego trawienie i wchłanianie składników odżywczych mieszanki ulegają poprawie [2, 5, 12, 18, 19].

Wpływ NSP i enzymów egzogennych na przyswajalność składników pokarmowych ziarna zbóż. Węglowodany nieskrobiowe (oznaczane analitycznie jako rozpuszczalne

Tabela 1
Wpływ dodatku ksylanazy (E+) na ubytek (%) włókna pokarmowego w przewodzie pokarmowym, lepkość treści jelita cienkiego (LW) i EM_N (MJ/kg s.m.) żyta, pszenżyta i pszenicy u młodych i dorosłych ptaków [19]

Zboże*	E	Brojlery, wiek – 2 tyg.				Koguty, wiek – 1 rok			
		IDF	SDF	LW	EM_N	IDF	SDF	LW	EM_N
Żyto	–	34	52	14,7	10,4	21	63	16,7	13,3
Żyto	+	34	51	14,7	13,0	–	–	6,7	13,8
Pszenżyto	–	26	66	4,0	13,4	44	77	–	13,6
Pszenżyto	+	34	67	2,6	14,5	–	–	–	14,0
Pszenica	–	23	49	2,1	12,5	20	73	–	13,2
Pszenica	+	28	72	1,4	14,5	–	–	–	14,0

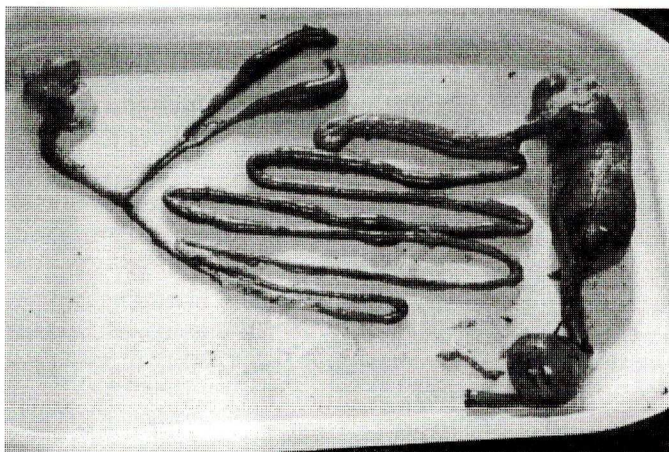
*Zboża zawierały około 12% nierozpuszczalnego (IDF) i około 4% rozpuszczalnego (SDF) włókna pokarmowego w suchej masie. LW – lepkość treści jelita cienkiego zmieszanej z wodą (1:1) w stosunku do lepkości wody.

lub nierozpuszczalne) tworzą w powiązaniu z ligniną, białkami, lipidami, fitynami i innymi związkami ściany komórkowe ziarniaków, uniemożliwiając dostęp enzymów trawiennych ptaków do składników odżywczych, związanych ze ścianą komórkową lub znajdujących się wewnątrz komórek (tzw. efekt klatkowy). W przewodzie pokarmowym ptaków część (50-70%) rozpuszczalnego włókna pokarmowego zbóż jest hydrolizowana przez enzymy natywne ziarna lub enzymy bakteryjne. Uwalniane i hydrolizowane są także cząsteczki NSP oznaczane analitycznie w ziarnie jako nierozpuszczalne, o czym świadczy około 30% ubytek nierozpuszczalnego włókna pokarmowego zbóż po przejściu przez przewód pokarmowy ptaków (tab.1).

Częściowa hydroliza rozpuszczalnych NSP przez enzymy egzogenne umożliwia rozluźnienie struktury bądź rozzerwanie ścian komórek i lepszy dostęp enzymów trawiennych ptaków do składników odżywczych. Jak wskazują wyniki zamieszczone w tabeli 1, dodatek ksylanazy nie spowodował zwiększenia hydrolizy włókna pokarmowego żyta i pszenżyta, jednak na skutek obniżenia lepkości treści wykorzystanie składników pokarmowych tych zbóż zwiększyło się znacznie, o czym świadczy wzrost ich wartości energetycznej (EM_N).

Wpływ lepkości treści i „efektu klatkowego” na mikroflorę przewodu pokarmowego. W obecności NSP o dużej lepkości, na skutek pogorszenia trawienia i wchłaniania w górnej części jelita cienkiego oraz efektu klatkowego, więcej niestrawionych składników odżywczych trafia do dalszych odcinków przewodu pokarmowego, gdzie wraz z NSP stanowią pożywkę dla mikroflory. Przy normalnym żywieniu w składzie mikroflory jelita cienkiego dominują bakterie względnie beztlenowe, a w jelitach ślepych bakterie beztlenowe. Lepkie NSP, wiążąc się z mukopolisacharydami rąbka prążkowanego śluzówki, zwiększają grubość warstwy wodnej, co powoduje zmniejszenie stężenia tlenu w treści jelita cienkiego i stwarza lepsze warunki do rozwoju mikroflory beztlenowej. Wskutek tego skład gatunkowy i umiejscowienie w przewodzie pokarmowym mikroflory zmienia się, a jej liczebność wzrasta. Produkty fermentacji bakteryjnej obniżają pH treści, co sprzyja dalszym zmianom w składzie i umiejscowieniu populacji bakterii. Enzymy bakterii jelitowych mogą powodować uwolnienie nierozpuszczalnych NSP, zwiększając tym samym lepkość treści. Flora bakteryjna nie tylko współzawodniczy z gospodarzem w wykorzystaniu składników odżywczych, lecz może wytwarzać szkodliwe metabolity lub rozkładać związki użyteczne pod względem żywieniowym.

Dowodzą tego doświadczenia przeprowadzone na kurczętach konwencjonalnych i gnotobiotycznych [14]. Po dodaniu do diety z kukurydzą pektyny lub żyta lepkość treści jelita cienkiego zwiększała się bardziej u kurcząt konwencjonalnych niż u gnotobiotycznych, ponadto nadmierne namnażanie się bakterii u kurcząt konwencjonalnych przyspieszało dekonjugację soli kwasów żółciowych, co wpływało niekorzystnie na trawienie i wchłanianie tłuszczu. Podobnie w innych badaniach [4], u kurcząt konwencjonalnych strawność tłuszczu diety żytniej była gorsza niż u gnotobiotycznych, dodatek do diety soli kwasów żółciowych zwiększał strawność tłuszczu, a dodatek tych soli i/lub witaminy D_3 zwiększał także mineralizację kości. Wpływ tych dodatków był znacznie mniejszy u kurcząt gnotobiotycznych.



Fot. 1. Przewód pokarmowy kurczęcia żywionego paszą pszennożytnią bez dodatku enzymów

O tempie fermentacji bakteryjnej świadczy m.in. stężenie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (LKT) w treści pokarmowej. W doświadczeniu Chocł i wsp. [5] po zwiększeniu lepkości treści zawartość LKT (tab. 2) w jelicie biodrowym zwiększyła się 14-krotnie, natomiast stężenie LKT w jelitach ślepych wzrosło w niewielkim stopniu. Dodatek enzymu obniżającego lepkość treści spowodował znaczny spadek stężenia LKT w jelicie biodrowym i wzrost w jelicie ślepych. Wskazuje to, że lepka treść zawierająca duże cząsteczki arabinksylianów nie jest efektywnie przemieszczana do jelit ślepych, lecz jest fermentowana w jelicie cienkim.

Enzymy egzogenne, obniżając lepkość treści i łagodząc efekt kłatkowy, powodują poprawę trawienia i zwiększenie wchłaniania składników odżywczych w górnej części przewodu pokarmowego, co zapobiega namnażaniu się i niekorzystnym zmianom w składzie i umiejscowieniu mikroflory w przewodzie pokarmowym ptaków. U kurcząt żywionych paszą pszennożytnią z dodatkiem ksylanazy stwierdzono zwiększenie liczby *Lactobacilli* i zmniejszenie enterobakterii i bakterii Gram-dodatnich w treści i śluzówce jelita cienkiego w porównaniu z kurczętami żywionymi paszą nieuzupełnioną [17].

Wpływ lepkości i enzymów egzogennych na mieszanie i przepływ treści. Trawienie pokarmu wymaga ciągłego przemieszczania cząsteczek enzymów, substratów i produktów hydrolizy w świetle przewodu pokarmowego, a duża lepkość zmniejsza szybkość przepływu [6], zakłóca tempo przemieszczania się i mieszania treści. Zwiększona lepkość treści w jelicie cienkim utrudnia przemieszczanie i dyfuzję cząsteczek pokarmu i enzymów trawiennych. W badaniach *in vitro* wykazano [9], że w obecności rozpuszczalnych NSP żyta zmniejszało się tempo dyfuzji związków nieorganicznych (m.in. NaCl, CaCl₂) i organicznych (glukoza) oraz trawienia skrobi przez α -amylazę. Większe niż u innych zwierząt monogastycznych zakłócenia w przemieszczaniu pokarmu wynikają także ze specyficznej budowy przewodu pokarmowego ptaków, w którym między żołądkiem gruczołowym a mielcem, między mielcem a dwunastnicą i u wejścia do jelit ślepych istnieją fizjologiczne zwężenia, a treść pokarmowa jest prze-

mieszczana w wyniku ruchów perystaltycznych i antyperystaltycznych. Dzięki tym ostatnim część treści z mielca wraca do żołądka gruczołowego, z dwunastnicy – do mielca, z jelit ślepych – do jelita cienkiego [8]. Przemieszczanie zwrotne treści w górnej części przewodu pokarmowego jest konieczne dla jej dobrego wymieszania z enzymami trawiennymi i solami kwasów żółciowych, gdyż ujście przewodów trzustkowych i żółciowych u ptaków znajduje się w końcowej części dwunastnicy, w miejscu, które uważa się za początek jelita czczego. Obecność soli kwasów żółciowych w mielcu jest niezbędna do emulsyfikacji tłuszczu.

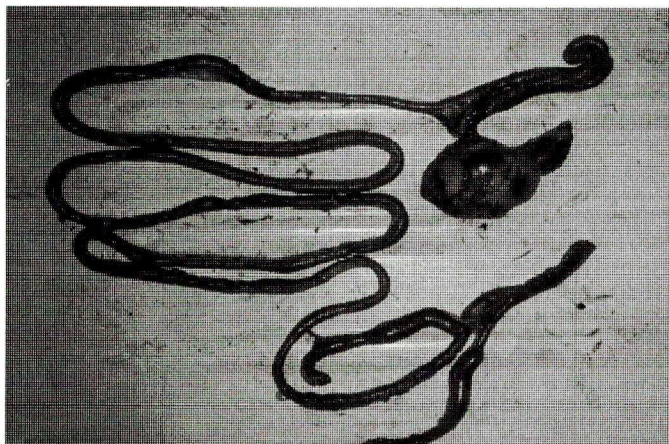
Przy zwiększeniu lepkości treści trzeba większej siły do jej przemieszczania w świetle jelita i przez zwężone odcinki przewodu pokarmowego. U bardzo młodych ptaków warstwa mięśniowa przewodu pokarmowego nie jest jeszcze w pełni wykształcona, a średnica jelit jest niewielka [18]. Duża lepkość poważnie zakłóca przepływ treści, co może prowadzić nawet do deformacji przewodu pokarmowego. Obniżenie lepkości treści przez dodane enzymy egzogenne umożliwia zmniejszenie lub eliminację zakłóceń w przepływie i mieszanii treści pokarmowej.

Wpływ lepkości treści i mikroflory na strukturalne i morfologiczne zmiany w przewodzie pokarmowym.

W badaniach własnych u około 30% kurcząt żywionych mieszkankami z dużym udziałem żyta bez dodatku enzymów stwierdzano, że obydwa żołądki były rozdęte i wypełnione lepką treścią, a mięśnie mielca uległy atrofii. W skrajnych przypadkach zanikało przewężenie między żołądkiem gruczołowym a mielcem (fot. 1). Ptaki z tak zdeformowanym żołądkiem zazwyczaj padają w wieku 2-3 tygodni. Po uzupełnieniu diety ksylanazą żołądki kurcząt były normalne (fot. 2).

Podobne zjawisko przedstawiła Boros [3]. Oprócz opisanych powyżej poważnych deformacji w budowie przewodu pokarmowego, stwierdzano także u kurcząt żywionych dietami z dużym udziałem żyta zwiększenie długości, zmniejszenie masy i pocienienie ścian jelita cienkiego [3], zwiększenie długości i masy jelita cienkiego [7, 17], u gąsiąt – pogrubienie warstwy śluzówki i mięśniówki jelita cienkiego i skrócenie kosmków jelitowych [11]. Jak się wydaje, zmiany te są w dużym stopniu powodowane przez mikroflorę namnażającą się na niestrawionych składnikach diety. U kurcząt konwencjonalnych żywionych dietą z dodatkiem pektyny lub żyta stwierdzono zwiększenie liczby komórek kubkowych, zmniejszenie długości, zmiany kształtu i ułożenia kosmków jelitowych, podczas gdy u kurcząt gnotobiotycznych zmiany spowodowane skarmianiem tych samych pasz były niewielkie [14]. Zmiany tego typu mogą w znacznym stopniu wpływać na pogorszenie wchłaniania składników pokarmowych. W innym doświadczeniu [15] stwierdzono, że skarmianie paszy zawierającej 80% żyta powodowało u kurcząt silne uszkodzenia kosmków jelitowych i śluzówki dwunastnicy jelita czczego; uszkodzenia te nie występowały, gdy dietę uzupełniono antybiotykiem.

Obecnie, z uwagi na możliwość powstawania szczepów bakterii opornych na antybiotyki lecznicze, postuluje się coraz częściej całkowity zakaz stosowania antybiotyków paszowych. Tym większego znaczenia nabiera zatem zapobieganie nadmiernemu rozwojowi mikroflory i uszkodzeniom śluzówki przez stosowanie enzymów hydrolizujących lepkie NSP.



Fot. 2. Przewód pokarmowy kurczęcia żywionego paszą pszenno-żytnią z dodatkiem enzymów

Wpływ lepkości treści oraz mikroflory na trawienie i wchłanianie lipidów. Obecność lepkich polisacharydów w treści zakłóca szczególnie proces trawienia tłuszczu, który jest najbardziej skomplikowany. Lipidy paszy muszą być przeprowadzone w postaci emulsji, gdyż lipaza trzustkowa działa jedynie na tłuszcze zemulgowane; potrzebna jest do tego obecność soli kwasów żółciowych już w mielcu. Lipaza odłącza z zemulgowanych trójglicerydów kwasy tłuszczowe znajdujące się w pozycji 1 i 3.

Powstałe w wyniku hydrolizy enzymatycznej nienasycone kwasy tłuszczowe i 2-monoglicerydy tworzą spontanicznie z solami żółciowymi micelle, w których wnętrzu znajdują się nasycone kwasy tłuszczowe, cholesterol, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach (A, D₃, E) i barwniki karotenoidowe. Micelle przemieszczają się do mikrokosmków, na których powierzchni sole kwasów żółciowych odłączają się i wracają do światła jelita, a pozostałe składniki ulegają wchłonięciu. Produkty hydrolizy tłuszczów i substancje rozpuszczone w micellach są wchłaniane w dwunastnicy i górnym odcinku jelita cienkiego, sole kwasów żółciowych – w końcowym odcinku jelita cienkiego.

Lepkość treści może zakłócać wszystkie fazy trawienia i wchłaniania tłuszczu. Zakłócenia te występują w najostrzejszej formie u ptaków bardzo młodych, u których stężenie soli kwasów żółciowych w treści jelitowej jest dość niskie, produkcja żółci jest mniej wydajna, a słabo wykształcona warstwa mięśniowa mielca i jelit utrudnia zwrotne przesuwanie lepkiej treści. Duża lepkość utrudnia emulsyfikację tłuszczu, przemieszczanie kropli emulsji, lipazy, uwolnionych w wyniku hydrolizy kwasów tłuszczowych i soli kwasów żółciowych w świetle jelita i zmniejsza tempo tworzenia się miceli. Lepkie NSP, wiążąc się z warstwą wodną otaczającą mikrokosmki, zwiększają jej grubość, co utrudnia wchłanianie lipidów z miceli i uwalnianie soli kwasów żółciowych. O zakłóceniach w tworzeniu i wchłanianiu miceli świadczy pogorszona mineralizacja kości u indycząt i kurcząt żywionych paszami żytnimi, spowodowana słabszym wchłanianiem witaminy D₃ [1], oraz obniżony poziom trójglicerydów i cholesterolu w wątro-

bie i surowicy krwi kurcząt żywionych paszami zawierającymi żyto.

W badaniach własnych [19] stwierdzano u kurcząt istotne obniżenie strawności tłuszczu wraz ze wzrostem udziału żyta w mieszance, a po dodaniu ksylanazy do mieszanki pszenno-żytniej strawność tłuszczu wydatnie się poprawiła, przy czym najbardziej poprawiała się strawność toju. Podobnie wyniki, przedstawione w tabeli 1 wskazują, że zwiększenie lepkości treści powodowało obniżenie strawności lipidów, a najbardziej – nasyconych kwasów tłuszczowych. Po uzupełnieniu paszy ksylanazą strawność lipidów zwiększyła się wydatnie, a strawność kwasu linolowego była taka sama jak w mieszance kontrolnej.

Wpływ enzymów egzogennych na wchłanianie składników pokarmowych. Węglowodany nieskrobiowe, poprzez modyfikację lepkości treści i mikroflory, wpływają na pogorszenie wchłaniania także pozostałych składników pokarmowych. Wyniki przedstawione w tabeli 2 wskazują, że NSP pszenicy pogorszyły nie tylko strawność jelitową lipidów, lecz także białka i skrobi. Uzupełnienie paszy ksylanazą ograniczało ujemny wpływ NSP na trawienie tych składników. U kurcząt konwencjonalnych żywionych paszą żytnią [4] stwierdzano zwiększone wydalanie tłuszczu w odchodach oraz pogorszenie mineralizacji kości. Zwiększone wydalanie tłuszczu związane jest z gorszym wchłanianiem nie tylko lipidów, lecz także witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D₃, E) oraz ze zwiększonym wydalaniem wapnia, część tłuszczu jest bowiem wydalana w postaci mydeł wapniowych. Niedobór wapnia i witaminy D₃ prowadzi do wystąpienia objawów krzywicy, którą często stwierdza się u młodych kurcząt żywionych paszami powodującymi dużą lepkość treści pokarmowej [1, 4]. Przy dużej lepkości treści obniżało się także wchłanianie wielu składników mineralnych, m.in. Ca, Na, zmniejszenie lepkości przez uzupełnienie mieszanki ksylanazą poprawiało ich wchłanianie [12]. Pierwszym objawem niewielkich niedoborów niezbędnych składników u ptaków rosnących jest zazwyczaj obniżenie przyrostów masy ciała, pogorszenie wykorzystania paszy, pogorszenie odporności na choroby; w wypadku większych niedoborów dochodzi do de-

Tabela 2
Wpływ dodatku NSP pszenicy (66 g/kg paszy) oraz ksylanazy do mieszanki kontrolnej na wskaźniki produkcyjne, lepkość treści oraz strawność jelitową skrobi, białka i lipidów [5]

Wskaźnik	Kontrolna	Kontr.+NSP	Kontr.+NSP+enzym
Przyrost m.c., g/tydz. g paszy/g przyrostu	475 1,77 ^{ab}	339 2,33 ^b	488 1,60 ^a
Lepkość treści, mPa			
dwunastnicy	1,4 ^a	11,9 ^b	2,3 ^a
j. czczego	1,5 ^a	78,3 ^b	4,4 ^a
j. biodrowego	2,4 ^a	409,3 ^b	10,8 ^a
Strawność jelitowa, %			
skrobi	90,0 ^a	56,3 ^b	92,4 ^a
białka	79,1 ^a	52,3 ^b	81,3 ^a
lipidów	93,7 ^a	38,6 ^b	87,8 ^a
C 18:0	83,1 ^a	15,2 ^b	63,9 ^a
C 18:2	96,0 ^a	44,9 ^b	95,4 ^a
LTK, μmol			
jelito biodrowe	8,3 ^a	118,2 ^b	5,4 ^a
jelito ślepe	312,3 ^a	369,0 ^a	930,0 ^b

a, b – średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P≤0,05

formacji rozwijających się tkanek, m.in. przewodu pokarmowego i kości.

Wpływ enzymów na metabolizm białka i energii. U kurcząt żywionych nieuzupełnioną paszą żytnią zawierającą tój tempo syntezy białka w trzustce, dwunastnicy i śluzówce jelita czczego było istotnie większe niż u kurcząt otrzymujących taką samą paszę z dodatkiem ksylanazy [7]. Lepkie NSP mogą obniżać aktywność enzymów trawiennych, co musi być kompensowane ich zwiększonym wydzielaniem. Ponadto stwierdzono [14], że u kurcząt żywionych mieszanką z dodatkiem lepkich NSP, w nabłonku jelita cienkiego zwiększała się liczba komórek kubkowych, wydzielających śluz. Zwiększona produkcja śluzu wiąże się ze wzrostem zapotrzebowania na białko i energię. Oszacowano [17], że zwiększona synteza i szybszy obrót białka w obecności lepkich polisacharydów wymaga dodatkowej syntezy około 2,4 g białka na kg masy ciała i większego o około 5% zużycia energii na potrzeby przewodu pokarmowego. Ponadto dodatkowa energia musi być zużyta w procesie neutralizacji i usuwania szkodliwych produktów metabolizmu mikroflory z organizmu ptaka.

Wpływ enzymów na eliminację wad rozwojowych. Uzupelnienie pasz zawierających lepkie NSP enzymami zmniejszającym lepkość treści przewodu pokarmowego zapobiega deformacjom przewodu pokarmowego (fot. 2) i uszkodzeniom śluzówki jelita cienkiego [14]. Poprawa warunków do tworzenia się miceli i ich przemieszczania w świetle przewodu pokarmowego powoduje zwiększenie wchłaniania kwasów tłuszczowych, a także – istotnych dla prawidłowego rozwoju ptaków – witamin rozpuszczalnych w tłuszczach. Poprawa wchłaniania witaminy D₃ i wapnia zapobiega deformacjom kości i objawom krzywicy u młodych ptaków.

Wpływ enzymów na wyniki produkcyjne. W bardzo wielu badaniach stwierdzono, że skarmianie pasz zawierających żyto, pszenicę, pszenżyto lub jęczmień, powoduje u młodych ptaków, oprócz pogorszenia wykorzystania paszy, objawy takie, jak: obniżenie przyrostów masy ciała, zwiększenie wilgotności i kleistości odchodów, deformacje kości nóg. Dodatek odpowiednich enzymów egzogennych (ksylanaz, arabinoksy-lanaz, beta-glukanazy) w znacznej mierze zapobiega pogorszeniu wyników produkcyjnych. Zmniejszenie wilgotności i kleistości odchodów powoduje istotną poprawę warunków środowiskowych w otoczeniu ptaków i zmniejsza możliwość rozwoju drobnoustrojów chorobotwórczych.

Opisane powyżej objawy, związane z działaniem wywołującego lepkość włókna pokarmowego, najczęściej występują u ptaków w pierwszych tygodniach życia, zmniejszają się znacznie od 5 do 6 tygodnia, a nie występują u ptaków dorosłych. Mięśnie mielca i warstwa mięśniowa jelit są u ptaków dorosłych dość silne, aby nawet przy zwiększonej lepkości treści zapewnić jej prawidłowe rozciąganie, mieszanie i przesuwanie przez przewód pokarmowy, a mechanizmy regulacyjne u ptaków dorosłych powodują zwiększenie wydzielania enzymów trawiennych i żółci, gdy ich efektywność zostanie nieco obniżona przez lepkie NSP. Flora jelitowa w przewodzie pokarmowym ptaków stabilizuje się po około 6 tygodniach życia i obecność lepkich polisacharydów nie zmienia w istotny sposób jej składu u ptaków dorosłych. Przypuszczalnie dlatego wartość energetyczna żyta dla ptaków dorosłych jest znacznie większa niż dla ptaków młodych, a obniże-

Tabela 3
Wpływ dodatku ksylanazy i fitazy na przyrosty masy ciała, wykorzystanie paszy, mineralizację kości i lepkość treści pokarmowej u kurcząt żywionych paszą zawierającą 1,5 g/kg fosforu przyswajalnego [20]

Rodzaj i aktywność enzymów dodanych do paszy	Przyrost masy ciała g	g paszy/g przyrostu m.c.	Popiół w palcu stopy g/kg	Lepkość treści jelita czczego mPas
Bez dodatku	323	2,04	88,8	6,57
Ksylanaza, 400 FXU/kg	322	2,00	92,9	3,15
Fitaza, 1000 FTU/kg	355	1,99	107,7	8,33
Ksylanaza, 400 FXU/kg + fitaza, 1000 FTU/kg	384	1,84	102,6	2,95

nie lepkości treści przez dodatek enzymów paszowych w znacznie mniejszym stopniu poprawia wykorzystanie żyta, pszenżyta i pszenicy przez ptaki dorosłe niż młode (tab. 1).

Wpływ enzymów hydrolizujących fityny. Fityny są zaliczane do związków o działaniu antyżywniowym, gdyż tworzą z wieloma dwu- i trójwartościowymi kationami trudno rozpuszczalne związki chelatowe, co powoduje obniżenie ich dostępności dla zwierząt [16]. Obecność dużej ilości fityn może zatem powodować obniżenie przyswajalności związków mineralnych dodawanych do mieszanki. W badaniach *in vitro* stwierdzono, że właściwości kompleksujące fityn zależą w dużym stopniu od pH roztworu; przy pH 7,4 kwas fitynowy wykazuje w malejącym porządku powinowactwo do $\text{Cu}^{++} > \text{Zn}^{++} > \text{Co}^{++} > \text{Mn}^{++} > \text{Fe}^{+++} > \text{Ca}^{++}$. Mogą także powstawać związki kompleksowe zawierające kilka kationów w cząsteczce, których rozpuszczalność jest bardzo mała. Kwas fitynowy wiąże wapń, tworząc słabo rozpuszczalne fityniany wapniowe, wskutek czego przy dużej zawartości fityn wzrasta zapotrzebowanie na wapń, z kolei nadmierna ilość wapnia w mieszanke obniża przyswajalność fosforu fitynowego.

Fityny, zwłaszcza w kwaśnym środowisku żołądka, reagują w niespecyficzny sposób z zasadowymi resztami aminokwasów, co może prowadzić do częściowego unieczynnienia niektórych enzymów trawiennych, takich jak pepsyna, pankreatyna i amylaza. To, jak również zmniejszenie dostępności wapnia, który jest niezbędny dla pełnego zaktywizowania trypsyny i amylazy, może powodować pogorszenie trawienia białka i skrobi. Ujemny wpływ fityn na wzrost i rozwój ptaków jest jednak mniejszy niż rozpuszczalnych węglowodanów nieskrobiowych, gdyż ptaki mogą rekompensować zmniejszoną aktywność enzymów trawiennych, zwiększając ich sekrecję, a w mieszankach paszowych znajduje się zazwyczaj pewien nadmiar związków mineralnych w stosunku do zapotrzebowania.

Ziarna roślin zawierają endogenną fitazę, która aktywizuje się w obecności wody i katalizuje rozpad fityn, w wyniku czego fosfor (P) fitynowy przechodzi w postać nieorganiczną, a związane z fitynami białko i kationy zostają uwolnione. Proces ten wymaga jednak czasu wielokrotnie dłuższego niż czas przebywania pokarmu w przewodzie pokarmowym ptaków. Ponadto aktywność fitazy endogennej w surowcach paszowych może ulegać obniżeniu na skutek suszenia w wysokiej temperaturze, nieprawidłowych warunków przechowywa-

nia, stosowania wysokiej temperatury w procesie ekstruzji lub granulowania mieszanek.

Dodatek fitazy do mieszanek dla drobiu poprawia dostępność P o 20 do 45%, zwiększa absorpcję cynku (Zn) i strawność białka u kurcząt brojlerów [16]. W doświadczeniach na kurczątach brojlerach i rosnących indykach stwierdzono, że dodatek 500 jednostek fitazy/kg paszy może zastąpić od 0,5 do 1 g P nieorganicznego, od 0,7 do 1,1 g Ca i około 5 mg Zn [13]. Dodatek fitazy egzogennej jest wskazany także do mieszanek zawierających zboża o dużej aktywności natywnej fitazy, gdyż działanie fitaz się sumuje. Stwierdzono [10], że u kurcząt brojlerów fitaza natywna z pszenicy i pszenżyta była o około 40% mniej efektywna niż fitaza mikrobiologiczna; dodatek 500 jednostek fitazy/kg zwiększał przyswajalność P o 20-25% w paszy pszennej i o 57-60% w mieszance z pszenżytem.

Dodatek fitazy egzogennej poprawia wzrost i rozwój kości tylko u ptaków żywionych paszą niedoborową w fosfor przyswajalny. Bilansowanie zawartości fosforu dostępnego, wapnia i cynku, z uwzględnieniem ich lepszej przyswajalności z surowców roślinnych, pozwala na zmniejszenie udziału dodatków mineralnych w mieszance i obniżenie kosztu mieszanki oraz zmniejszenie wydalania tych pierwiastków w odchodach ptaków, co jest korzystne dla środowiska.

Badania prowadzone w Akademii Rolniczej w Krakowie [20] wskazują na korzystny wpływ łączenia w mieszankach dla drobiu ksylanazy i fitazy (tab. 3). Dodatek fitazy do mieszanki pszennej zwiększał lepkość treści jelita cienkiego, prawdopodobnie na skutek uwolnienia białek i NSP związa-

nych z fitynami. Jednoczesne uzupełnienie tej paszy ksylanazą i fitazą powodowało obniżenie lepkości treści jelita cienkiego, poprawę przyrostu masy ciała i wykorzystania paszy.

Literatura: 1. Antoniou T., Marquardt R.R., Misir R.: Poultry Sci. 59, 758-769, 1980. 2. Bedford M.R., Classen H.L.: J. Nutr. 122, 560-569, 1992. 3. Boros D.: Mat. Konf. „Włókno pokarmowe – skład i biologiczne działanie”, Radzików, 141-155, 1997. 4. Campbell G.L., Campbell L.D., Classen H.L.: Brit. Poultry Sci. 24, 191-203, 1983. 5. Choct M., Hughes R.J., Wang J., Bedford M.R., Morgan A.J., Annon G.: Brit. Poultry Sci. 37, 609-621, 1996. 6. Dänicke S., Vahjen W., Simon O., Jeroch H.: Poultry Sci. 78, 1292-1299, 1999. 7. Dänicke S., Böttcher W., Jeroch H., Thielebein J., Simon O.: J. Nutr. 130, 827-834, 2000. 8. Duke G.E.: Poultry Sci. 61, 1245-1256, 1992. 9. Fengler A.I., Marquardt R. R.: Cereal Chem. 65, 298-302, 1988. 10. Frapin D., Nys Y.: Proceedings of 9th European Poultry Conference, Glasgow, 7-12 August, Vol. 1, 459-460, 1994. 11. Jamroz D., Wiliczkiewicz A., Skorupińska J.: J. Anim. Feed Sci. 1, 37-50, 1992. 12. Klis Van der J.D.: Physico-chemical chyme conditions and mineral absorption in broilers. Spelderholt publ. no. 595, Beekbergen, Holandia, 1993. 13. Kornegay E.T.: Proceedings of the 2nd European Symposium on Feed Enzymes, Noordwijkerhout, Holandia, 27-28 October, 189-197, 1995. 14. Langhout D.J.: The role of intestinal flora as affected by non-starch polysaccharides in broiler chicks. TNO ILOB Wageningen, Holandia, 1998. 15. Rakowska M., Rek-Cieplý B., Sot A., Lipińska E., Kubiński T., Barcz I., Afanasjew B.: J. Anim. Feed Sci. 2, 73-81, 1993. 16. Ravindran V.: Proceedings of Australian Poultry Science Symposium, Vol. 7, 135-140, 1995. 17. Simon O.: J. Anim. Feed Sci. 7, Suppl. 1, 115-123, 1998. 18. Smulikowska S.: J. Anim. Feed Sci. 7, Suppl. 1, 125-134, 1998. 19. Smulikowska S.: Wartość pokarmowa żyta, pszenżyta i pszenicy w żywieniu drobiu. IFŻZ PAN, Jabłonna, 1998. 20. Żyła K., Gogol D., Koreleski J., Świątkiewicz S., Ledoux D.R.: J. Sci. Food Agr. 79, 1841-1848, 1999.

Rola glutaminy i jej pochodnych w utrzymaniu prawidłowej homeostazy jelitowej*

Stefan G. Pierzynowski^{1,2},
Danuta Kruszewska^{3,4,5}

¹Department of Animal Physiology, Lund University (Szwecja);

²Gramineer Int. AB, Ideon beta, Lund (Szwecja);

³Instytut Ekologii PAN w Dziekanowie Leśnym;

⁴Akademia Medyczna w Warszawie;

⁵Department of Medical Microbiology, Lund University (Szwecja)

Glutamina i jej pochodne są kluczowymi metabolitami łączącymi przemiany węglowodanów i białek. Dla błony śluzowej jelit związku te stanowią niezbędne ogniwa pośrednie prze-

mian energetycznych i procesów syntezy białek. Ideą niniejszego opracowania jest przedstawienie problemów związanych z perspektywami uzupełniania pasz glutaminą i jej pochodnymi.

Badania prowadzone w ostatnich latach wskazują, że glutamina jest aminokwasem warunkującym prawidłowy przebieg procesów metabolicznych komórki i jej optymalny wzrost [2, 5, 7, 13]. Mimo, że zapotrzebowanie na glutaminę pokrywane jest całkowicie w naturalnych warunkach metabolicznych, wyniki badań wskazują, że ilość syntetyzowanej glutaminy w ustroju może być niewystarczająca dla organizmu w stanie długotrwałego stresu, np. przy wysokiej produkcji mleka lub intensywnego wzrostu. Dane te przemawiają za uznaniem glutaminy jako aminokwasu warunkowo egzogennego.

Glutamina występuje w ustroju, w puli wolnych aminokwasów, szczególnie obficie w jego zewnątrzkomórkowych płynach. Stężenie glutaminy w płynach ustrojowych stanowi około 25% stężenia wszystkich aminokwasów i przeszło 60% stężenia aminokwasów w cytoplazmie mięśni szkieletowych. Glutamina, będąc prekursorem syntezy białek, pośredniczy w wielu szlakach metabolicznych oraz jest regulatorem równowagi kwasowo-zasadowej. Ponadto stanowi źródło azotu do syntezy puryn, pirymidyn, nukleotydów i aminocukrów. Jako związek występujący w dużej ilości w płynach ustrojowych

*Opracowanie przygotowano przy udziale funduszy: SJFR, The Visby Programme, Fundacji A Pahlssona (Szwecja) i KBN (Polska)