

lane G.T., Macfarlane S.: Proc. Nutr. Soc. 52, 367-373, 1993; 24. Mathew A.G., Sutton A.L., Scheidt A.B., Patterson J.A., Kelly D.T., Meyerholtz K.A.: J. Anim. Sci. 71, 1503-1509, 1993; 25. Mathew A.G., Robbins C.M., Chattin S.E., Quigley III J.D.: J. Anim. Sci. 75, 1009-1016, 1997; 26. Morisse J.P., Maurice R., Boilletot E., Cotte J.P.: Ann. Zootech. 42, 81-87, 1993; 27. Mul A.J., Perry F.G.: In: P.C. Garnsworthy and D.J.A. Cole (Eds.) Recent Advances in Animal Nutrition. pp 57-79. Nottingham University Press, Nottingham, UK, 1994; 28. Nemcová R., Bomba A., Gancarciková S., Herich R., Guba P.: Berl. Mün. Tierärztl. Wochenschr. 112, 225-228, 1999; 29. Nousiainen J., Setälä J.: In: S. Salminen and A. von Wright (Eds.) Lactic Acid Bacteria. pp 315-356. Marcel Dekker, New York, US, 1993; 30. Orban

J.I., Patterson J.A., Adeola O., Sutton A.L., Richards G.N.: J. Anim. Sci. 75, 170-175, 1997; 31. Roberfroid M.B.: Brit. J. Nutr. 80, Suppl. 2, S197-S202, 1998; 32. Rowland I.R.: In: R. Fuller (Ed.) Probiotics. The scientific basis. pp 29-54, Chapman and Hall, London, UK, 1992; 33. Sghir A., Chow J.M., Mackie R.I.: J. Appl. Microbiol. 85, 769-777, 1998; 34. Suwa Y., Koga K., Fujikawa S., Okazaki M., Irie T., Nakada T.: Eur. Pat. Appl. 87115999.2, Publ. No. 0265970A2, 1988; 35. Tokunaga T., Oku T., Hosoya N.: J. Nutr. Sci. Vitaminol. 32, 111-121, 1986; 36. Veldman A., Veen W.A.G., Barug D., van Paridon P.A.: J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 69, 57-65, 1993; 37. Wang X., Gibson G.R.: J. Appl. Bacteriol. 73, 373-380, 1993; 38. Younes H., Garleb K., Behr S., Rémésy C., Demigné C.: J. Nutr. 125, 1010-1016, 1995.

Stymulacja wydzielania soków trawiennych jako alternatywa stosowania enzymów egzogennych (paszowych)

Paul Guilloteau, Florian Jacques, Véronique Rome

Unité Mixte de Recherches sur le Veau et le Porc INRA, Rennes (Francja)

W przedstawionej pracy wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych na różnych gatunkach zwierząt. Ponieważ nasze laboratorium pracuje nad regulacją sekrecji trzustkowej u cieląt, dlatego wyniki doświadczeń na tych zwierzętach są częściej przytaczane. Niezależnie od gatunku ssaków, całkowita sekrecja soków w przewodzie pokarmowym ma istotne znaczenie. Na przykład cielęta odpajane mlekiem, tzw. mleczone, wydzielają w ciągu doby od 19 do 25 l soków trawiennych [1], podczas gdy pobranie wody wynosi od 8 do 9 l. Składniki mineralne i związki azotowe, w tym białka enzymów, stanowią główną część suchej masy soku.

Enzymy katalizują hydrolizę makrocząsteczek do związków, które mogą być wchłaniane przez ściankę jelita. Należy podkreślić, że przebieg trawienia enzymatycznego jest różny u różnych gatunków zwierząt, w zależności od tego czy są to zwierzęta monogastryczne czy poligastryczne.

Niedobór enzymów

Niedobór enzymów trawiennych może być wywołany czynnikami fizjologicznymi lub patologicznymi. W pierwszym przypadku, np. podawanie (infuzja) cielętom „mlecznym” pokarmu bezpośrednio do początkowej części dwunastnicy, z pominięciem trawieńca, z szybkością zbliżoną do normalnego wypływu treści z trawieńca, spowodowało obniżenie strawności białka i tłuszczu, zwłaszcza przy infuzji białek zastępujących białko mleka [2]. Całkowita kolekcja soku trzustkowego i nie-

podawanie go do dwunastnicy lub podwiązanie przewodu trzustkowego wpływało ujemnie na strawność białka. Obniżenie strawności wynosiło od 15 do 75%, w zależności od gatunku zwierząt. U świń całkowite usuwanie soku trzustkowego przez 10 godzin obniżało wchłanianie glukozy o 84% i aminokwasów o 52% [4].

W drugim przypadku, jak podano wyżej, niedobór enzymów może być powodowany czynnikami fizjopatologicznymi (genetyczne lub spowodowane warunkami odchowu). Biorąc pod uwagę czynniki genetyczne, w ostatnich badaniach stwierdziliśmy, że u trzech z dziesięciu cieląt „mlecznych” ilość wydzielanego soku trzustkowego i zawartych w nim składników była bardzo mała, a strawność azotu i tłuszczu była mniejsza niż u pozostałych zwierząt [5]. Czynniki odchowu, np. pora roku, mogą również być przyczyną obniżenia ilości enzymów trzustkowych. Na przykład cielęta mleczone ubijane w marcu miały mniej chymotrypsyny i lipazy w trzustce niż ubijane we wrześniu. Stwierdziliśmy również istotną zależność pomiędzy ilością wydzielanego soku trzustkowego lub ilością enzymów obecnych w trzustce a występowaniem objawów patologicznych. Na przykład ilość wydzielanego soku trzustkowego była mniejsza u zwierząt chorych lub z zakłóceniami procesów trawiennych niż u zdrowych [6].

Podobne zjawiska mogą występować u prosiąt w okresie odsadzania, przy niedostatku sekrecji trzustkowej. Stwierdzono w tym czasie spadek aktywności trypsyny, chymotrypsyny i amylazy [7]. Udowodniono, że u ludzi z zapaleniem trzustki stymulacja sekrecji enzymów trzustkowych przez podanie hormonu cholecystokininy (CCK) lub aminokwasów była znacznie bardziej efektywna niż u ludzi zdrowych [8].

Dodatek enzymów

Opisane wyżej obserwacje zachęciły badaczy do stosowania enzymów endogennych i egzogennych, jako dodatku do pasz, w celu zapobiegania ich deficytowi u zwierząt. Wyniki licznych prac publikowanych w latach 1978-1995 wskazują, że w większości przypadków stosowanie dodatku enzymów egzogennych w żywieniu świń nie miało wpływu na wzrost, strawność składników pokarmowych i wykorzystanie paszy. Dokładniejsza analiza kilku pozytywnych wyników wskazuje, że w szczególnych warunkach doświadczalnych, np. krótki okres doświadczenia, niskie przyrosty zwierząt itp. [7], nie stwierdzono poprawy wyników produkcyjnych przy stosowaniu różnych mieszanin enzymów. Podobne wyniki uzyskano u cieląt „mlecznych”, u których strawność składników pokarmowych i przyrosty były gorsze przy dodatku enzymów wów-

Tabela

Wpływ pobrania maślanu sodowego na strawność składników pokarmowych i wydzielanie trzustkowe u cieląt "mlecznych" (n=4) [10]

Składniki pokarmowe	Zwiększenie strawności %	Wydzielanie trzustkowe na dzień i kg m.c.	Zwiększenie wydzielania %
Sucha masa	+1,5	sok, g	+25,6
Azot	+3,3	białka, mg	+40,3
Popiół	+5,4	chymotrypsyna, IU	+52,1
Związki bezazotowe wyciągowe	0		

czas, gdy zastosowano preparat soi jako zamiennik białka mleka. Wyjątkiem są ludzie cierpiący na zapalenie trzustki, u których dodatek samej pankreatyny lub z dodatkiem inhibitora trypsyny zmniejszał straty tłuszczu w kale.

Można postawić pytanie, jak zareaguje zwierzę na dodanie enzymów w soku trzustkowym zebrany wcześniej. Na to pytanie próbowaliśmy odpowiedzieć w naszym laboratorium, zwiększając ilość soku trzustkowego podawanego za pomocą pompy perystaltycznej od innego cielęcia, co pozwoliło na utrzymanie profilu enzymów wprowadzanych do dwunastnicy podobnego do profilu enzymów wydzielanych w soku zwierzęcia doświadczalnego. Powróćmy do doświadczenia, w którym 3 cielęta spośród 10, wydzielające małe ilości soku trzustkowego, żywiono kolejno dawkami zawierającymi białko mleka lub białko preparatu soi. Strawność białka obydwu dawek u tych zwierząt była gorsza niż u pozostałych cieląt, szczególnie w przypadku dawki zawierającej białko soi. Przy infuzji do dwunastnicy wzrastających ilości soku trzustkowego, a więc wzrastającej ilości enzymów, strawność białka istotnie poprawiała się, szczególnie przy żywieniu dawką z białkiem soi [5].

Po zebraniu i opracowaniu danych z doświadczeń przeprowadzonych na 16 cielętach, którym podawano do dwunastnicy różne ilości soku trzustkowego, a zatem różne ilości enzymów, uzyskaliśmy następujące wyniki. Przy skarmianiu obydwu dawek wzrastające ilości podawanego soku, i enzymów, poprawiało strawność białka aż do uzyskania stałego poziomu strawności, tzw. plateau, które jednak było niższe w przypadku dawki zawierającej białko preparatu soi. Dla uzyskania takiego plateau potrzebna jest większa ilość białka (enzymów) soku trzustkowego (50 lub 25 mg/dzień/kg m.c.) w przypadku dawki zawierającej białko soi. Wynika stąd, że białko preparatu soi jest trudniej hydrolizowane niż białko mleka, ponadto u niektórych cieląt może występować niedobór enzymów trzustkowych przy żywieniu dawką z białkiem soi, ale nie przy karmieniu dawką zawierającą mleko (od 25 do 50 mg/dzień/kg m.c. białka soku trzustkowego). Przy uzyskaniu plateau nie jest możliwe zwiększenie wartości pokarmowej białka mleka, gdyż jego strawność rzeczywista wynosi 100%, natomiast wydaje się możliwe zwiększenie wartości pokarmowej białka preparatu soi (dane nieopublikowane, Guilloteau).

Fizjologiczne możliwości zmniejszenia niedoboru enzymów poprzez wzrost ich produkcji przez zwierzę

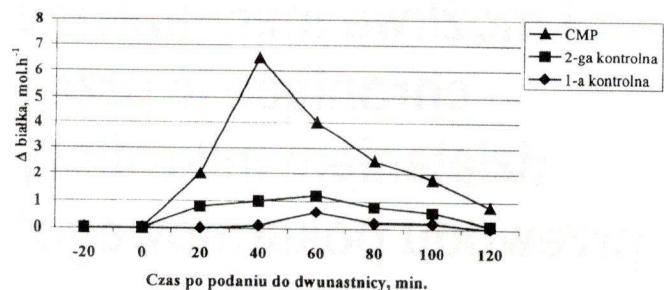
Dane z literatury wskazują, że lotne kwasy tłuszczowe i makropeptyd kazeiny (caseinomakropeptide) podane w paszy

mogą zwiększać sekrecję w przewodzie pokarmowym i poprawiać trawienie.

Wpływ lotnych kwasów tłuszczowych (LKT), w tym szczególnie kwasu masłowego

Przeprowadzono wiele doświadczeń, w których podawano LKT do krwi zwierzętom w narkozie. Zespół profesora Kato w Japonii, pracujący intensywnie nad tym zagadnieniem, wykazał, że kwas masłowy stymuluje bardziej niż inne kwasy sekrecję trzustkową [9]. Infuzja tego kwasu do jelita czczego szczura stymulowała sekrecję soku trzustkowego i zawartego w nim białka, a infuzja do jelita ślepego świnki morskiej stymulowała sekrecję amylazy, lecz nie powodowała zwiększenia objętości soku.

W różnych doświadczeniach nad tym zagadnieniem, wykazano, że dodatek małych ilości (0,2 do 0,3% s.m.) kwasu masłowego poprawia wyniki produkcyjne prosiąt. W naszym laboratorium badano wpływ podawania kwasu masłowego na strawność i sekrecję soku trzustkowego u cieląt mlecznych. Strawność oznaczano na 4 zwierzętach przed i po założeniu im kateterów do przewodu trzustkowego i dwunastnicy, w celu kolekcji i następnie podawania soku trzustkowego. Do dwunastnicy podawano, przy użyciu pompy perystaltycznej, 90% zebranego soku z szybkością zbliżoną do jego wydzielania. Cielęta żywiono preparatem mlekozastępczym, w którym głównym źródłem białka było białko sojowe (nie zawierające substancji antyodżywczych) i serwatka w proszku. Zawartość kwasu masłowego w dawce kontrolnej i doświadczalnej wynosiła odpowiednio 2 i 28 $\mu\text{mol/g}$ s.m. Nasze wstępne wyniki wskazują, że strawność składników pokarmowych, z wyjątkiem związków bezazotowych wyciągowych, była wyższa przy podaniu kwasu masłowego niż bez tego dodatku.



Rys. Wpływ podania do dwunastnicy (5 ml przez 5 min) roztworu soli (1 grupa kontrolna), roztworu izolowanego białka pszenicy (2 grupa kontrolna) lub CMP na wydzielanie białek przez trzustkę, ponad poziom podstawowy u szczurów pod narkozą (n = 5) [10]

Dobowa ilość soku trzustkowego i zawartego w nim białka, a przeliczona także na kilogram masy ciała, była większa przy żywieniu dawką z kwasem masłowym (tab.). Podobnie większa była zawartość enzymów: chymotrypsyny i lipazy.

Podsumowując nasze wstępne wyniki można stwierdzić, że dodatek 3 g kwasu masłowego/kg s.m. paszy poprawia strawność składników pokarmowych, co wiąże się prawdopodobnie ze zwiększoną sekrecją soku trzustkowego (tab.). Ponadto można przypuszczać, że LKT (kwas masłowy) wpływa nie tylko na sekrecję trzustkową, lecz mogą także zwiększać aktywność enzymów jelitowych i powodować zwiększa-

nie długości kosmków jelitowych i głębokości krypt. Może to zatem wpływać na poprawę trawienia jelitowego składników pokarmowych i ich wchłaniania.

Wpływ makropeptydu kazeiny (CMP)

W ostatnich doświadczeniach badano biologiczne działanie makropetydu kazeinowego (CMP), który powstaje z kappa-kazeiny podczas enzymatycznej hydrolizy w żołądku. Szczurom w narkozie infundowano do dwunastnicy: roztwór fizjologiczny – pierwsza grupa kontrolna; roztwór białek izolowanych z serwatki – druga grupa kontrolna; roztwór białek izolowanych z serwatki z dodatkiem CMP lub roztwór 0,2 g CMP. W czasie infuzji zbierano sok trzustkowy od wszystkich szczurów. Podawanie samego CMP do dwunastnicy zwiększało, w porównaniu z innymi roztworami, sekrecję białka soku trzustkowego i elektrolitów (dwuwęglanów, sodu itp.) – rysunek. Zbliżone wyniki do działania CMP uzyskano przy dożylniej infuzji fizjologicznej dawki cholecystokininy – 135 $\mu\text{mol/kg/h}$ [10].

Podsumowanie

Wyniki uzyskiwane przy uzupełnianiu dawek enzymami egzogennymi nie są jednoznaczne. Zwiększenie sekrecji endogennych enzymów trawiennych wydaje się poprawiać trawienie składników pokarmowych. Jeśli wstępne wyniki badań, zasygnalizowane w tej pracy, zostaną potwierdzone, będzie to wskazówką do podjęcia dalszych działań w kraju (Francji) i przy współpracy międzynarodowej (np. UE). Konieczne jest więc poznanie mechanizmów regulujących te procesy.

Celem przedstawionych w tym opracowaniu informacji było zwrócenie uwagi na to, że produkowane przez zwierzę enzymy endogenne są lepiej przystosowane do wykorzystania podawanej zwierzęciu paszy. Stosowanie naturalnych substancji, takich jak LKT, CMP i inne, może być właściwą drogą poprawy trawienia pasz zawierających składniki pokarmowe o niskiej strawności. Takie działanie może poprawiać dobrostan zwierząt, zmniejszać pracę farmera, zwiększać jego dochód, a także sprostać współczesnym potrzebom konsumenta i poprawiać warunki ekologiczne.

Literatura: 1. Guilloteau P., Le Huërou-Luron I., Malbert C.H., Toulelec R.: In Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M.: Nutrition des Animaux Domestiques. INRA Editions. Paris, 1995. 2. Guilloteau P., Toulelec R., Patureau-Mirand P., Prugnaud J.: *Reprod., Nutr. Develop.* 22, 885-899, 1981. 3. Guilloteau P., Le Huërou-Luron I.: In CC Arcachon Nutrition Conference, 32-47, 1998. 4. Rerat A., Calmes R., Corring T., Vaissade P.: *Brit. J. Nutr.* 75, 175-193, 1996. 5. Guilloteau P., Le Huërou-Luron I., Rome V., Piodari M.: *S. Afr. Anim. Sci.* 29, 241-242, 1999. 6. Guilloteau P., Le Huërou-Luron I.: In: *Veal perspectives to the year 2000*, Fédération de la Vitellerie Française, Paris, 169-189, 1996. 7. Officer D.I.: *Anim. Feed Sci. Tech.* 56, 55-65, 1995. 8. DiMagna E.P., Go VLW, Summerskill W.H.J.: *N. Engl. J. Med.* 288, 813-815, 1973. 9. Kato S., Asakawa N., Mineo H., Ushijima J.: *Jpn. J. Vet. Sci.* 51, 1123-1127, 1989. 10. Ledoux-Rolf Pedersen N., Nagain-Domaine C., Mahé S., Chariot J., Rose C., Tome D.: *Peptides* (in press).

Białko pokarmowe i możliwe mechanizmy chroniące je przed działaniem mikroflory przewodu pokarmowego*

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

¹ Department of Animal Physiology, Lund University (Szwecja);
² Gramineer Int. AB, Ideon beta, Lund (Szwecja);
³ Instytut Ekologii PAN w Dziekanowie Leśnym;
⁴ Akademia Medyczna w Warszawie; ⁵ Department of Medical Microbiology, Lund University (Szwecja)

Złożoność procesów trawienia białek powoduje, że w ich trakcie powstaje trudna do ustalenia liczba aktywnych biologicznie produktów pośrednich jakimi są peptydy. Tak więc białko, w porównaniu z innymi składnikami diety, stanowi nadal zagadkowy i złożony, a zarazem niezbędny dla człowieka

i zwierząt gospodarskich składnik pokarmu i pasz. Skład białka, jego jakość i ilość ograniczają w istotnym stopniu wzrost zwierząt, ich wydajność i produktywność. Można uznać, że wpływ białka diety na wzrost i kondycję zwierząt zależy w dużym stopniu od procesów zachodzących w przewodzie pokarmowym, a zwłaszcza w tkankach jelita cienkiego. Co więcej, białka i elementarne ich składowe, aminokwasy, a szczególnie niektóre z nich, jak np. glutamina, pozostają głównym substratem energetycznym i anabolicznym enterocytów [12]. Obecne w przewodzie pokarmowym białko służy nie tylko potrzebom życiowym gospodarza, o których wspomniano powyżej, ale również stanowi odpowiedni substrat dla mikroflory bakteryjnej kolonizującej ten układ.

Tak więc w przewodzie pokarmowym może występować konkurencja pomiędzy enterocytami i bakteriami o dostęp do białka i produktów jego rozkładu. Takie zależności nasuwają pytanie o istnienie i działanie mechanizmów chroniących dostępne w świetle jelita białko i produkty jego trawienia przed działaniem lokalnej flory bakteryjnej tak, żeby mogło być wykorzystane głównie przez gospodarza.

Należy przypuszczać, że czynniki warunkujące wspomniane zależności są różnicowane i ich działanie uwarunkowane być może np. wiekiem zwierzęcia, a tym samym nasileniem jakościowym i ilościowym procesów fizjologicznych przebiegających u zwierząt w różnym okresie wzrostu. W przypadku młodych osobników karmionych jeszcze mlekiem, skład flory bakteryjnej ich przewodu pokarmowego w podstawowym zakresie jest determinowany składem drobnoustrojów przewodu pokarmowego matki karmiącej oraz środowiska, w którym

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