

Wpływ niektórych czynników żywieniowych na rozwój przewodu pokarmowego cieląt

DANUTA STRUSIŃSKA, JOANNA KALINIEWCZ

Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Wydziału Bioinżynierii Zwierząt UWM, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn

Strusińska D., Kaliniewicz J.

Effect of selected nutritional factors on the development of the gastrointestinal tract in calves

Summary

This article briefly reviews the effect of diet composition and structure on the anatomy and function of the rumen and small intestine in young growing calves. The biologically active components present in colostrum and whole milk (including active peptides and proteins, hormones, amino acid derivatives, enzymes, growth factors) promote a rapid development of the digestive tract (in particular the intestines) in newborn calves. Fast rumen development is observed in calves fed diets with a high starch content in the pre-weaning period. Volatile fatty acids (butyric acid and propionic acid) stimulate both the growth of rumen papillae and mucosal metabolic function. Early feeding of starter diets with a distinct physical structure (resulting from the inclusion of whole cereal grains) has a beneficial influence on selected morphometric parameters of the rumen and small intestine. There is no doubt that feed additives and supplements (probiotics, prebiotics and others) contribute to the development of the gastrointestinal tract in calves.

Keywords: calf, nutrition, gastrointestinal development, rumen, small intestine

Rozwój przewodu pokarmowego młodych ssaków, zarówno w okresie prenatalnym, jak i postnatalnym, jest procesem bardzo dynamicznym oraz wypadkową wzrostu i dojrzewania poszczególnych jego narządów. W okresie prenatalnym największą rolę w tym procesie odgrywają czynniki genetyczne, charakterystyczne dla danego gatunku zwierzęcia. We wczesnym okresie postnatalnym przewód pokarmowy (żołądek, trzustka, a szczególnie jelito cienkie) ulega istotnym i szybkim zmianom. Główną rolę zaczynają odgrywać czynniki żywieniowe. Xu i wsp. (30) wykazali, że w ciągu pierwszego dnia życia ssaka (prosięta, cielęta) następuje bardzo intensywny rozwój przewodu pokarmowego: dwukrotne zwiększenie sekrecji kwasu solnego, 25% wzrost masy żołądka, 70% wzrost masy jelita cienkiego, 33% wydłużenie kosmków jelitowych. Dochodzi również do istotnych zmian w strukturze błony śluzowej jelita cienkiego oraz zwiększa się aktywność enzymów, szczególnie laktazy (33). Obserwowano ponadto wzrost liczby podziałów mitotycznych komórek pnia krypt jelitowych, wzmożone różnicowanie się komórek odpowiedzialnych za wchłanianie składników pokarmowych (enterocytów) oraz komórek odpowiedzialnych za procesy odpornościowe. Nasuwa się zatem pytanie, czym może być spowodowany tak intensywny rozwój przewodu pokarmowego?

Celem niniejszego opracowania było przedstawienie niektórych zagadnień dotyczących wpływu podawania paszy płynnej oraz rodzaju i struktury paszy treściwej na rozwój anatomiczno-czynnościowy żwacza i jelita cienkiego u cieląt w początkowym okresie odchowu.

Pasza płynna

Ponad 30-letnie badania wykazały, że najistotniejszą rolę w procesach rozwoju przewodu pokarmowego każdego ssaka odgrywają siara i mleko matki (28). Obecnie znaczną rolę w rozwoju i funkcjonowaniu przewodu pokarmowego i całego organizmu przypisuje się tzw. składnikom biologicznie aktywnym zawartym w siarze, ale także w mniejszym zakresie w mleku krów. W pokarmach tych wykryto ponad 40 biologicznie aktywnych składników, mających korzystny wpływ na wzrost i rozwój organizmu. Należą do nich m.in. biologicznie aktywne peptydy i białka: immunoglobuliny, niektóre hormony (prolaktyna, somatostatyna, somatotropina, kalcytonina, insulina, tyroksyna, oksytocyna, melatonina, leptyna), poliamidy (np. spermidyna, spermina), pochodne kwasów nukleinowych (np. kwas orotowy) i aminokwasów, jelitowe peptydy regulacyjne (gastryna, cholecystokinina, wazoaktywny peptyd jelitowy, neurotensyna), epidermalne i transportujące czynniki wzrostu oraz wiążące biał-

ka, inhibitory enzymów i enzymy (amylaza, lipaza), glikoproteiny, czynniki antybakteryjne i hipotensyjne (28, 29, 31, 32). Rola wielu z tych czynników w sterowaniu procesami wzrostu i dojrzewania przewodu pokarmowego została dostatecznie udokumentowana, jednak wciąż odkrywane są nowe białka i peptydy mleka oraz poznawane nowe właściwości biologiczne.

Zawarte w siarze albuminy i globuliny są nośnikami ciał odpornościowych potrzebnych do uzyskania biernej odporności w pierwszym okresie życia cieląt. W badaniach stwierdzono korzystny wpływ podawania siary na wzrost powierzchni chłonnej przewodu pokarmowego w wyniku zwiększenia wielkości kosmków jelitowych, a także wzrostu aktywności enzymów proteolitycznych. Wykazano ponadto, że czynniki wzrostu zawarte w siarze stymulują syntezę białka organów wewnętrznych i mięśni cieląt (5).

Najszybciej rozwijającymi się odcinkami przewodu pokarmowego w pierwszych dwóch tygodniach życia cieląt są trawieniec i jelita, szczególnie jelito cienkie. Jak wiadomo, odcinki te są jedynym miejscem trawienia składników pokarmowych siary, mleka lub preparatu mlekozastępczego do momentu rozpoczęcia pobierania większych ilości pasz stałych.

Rozwój jelit jest związany ze zmianami morfologicznymi i funkcjonalnymi w ich obrębie. W tym okresie stwierdza się duży wzrost masy jelit w wyniku intensywnego rozwoju błony śluzowej (jej pogrubienia) oraz powiększenie ich długości, są to zmiany morfologiczne. W błonie śluzowej jelit następuje intensywne namnażanie komórek, co powoduje wzrost wysokości kosmków i zwiększenie głębokości krypt jelitowych. Zatem wzrasta długość jelit z jednoczesnym wzrostem pofałdowania ich błony śluzowej, a większa wysokość kosmków jelitowych decyduje o wyraźnie powiększonej powierzchni chłonnej. Ponadto w kryptach jelitowych następuje intensywne namnażanie nowych komórek błony śluzowej. W tym też okresie obserwuje się wzrost sekrecji poszczególnych enzymów jelitowych. W pierwszych dniach życia cielęcia dochodzi także do rozwoju funkcji motorycznych jelit, które mają nieustabilizowany przebieg bezpośrednio po urodzeniu. Funkcja motoryczna decyduje o przesuwaniu treści w przewodzie pokarmowym czy usuwaniu z niego martwych, złuszczonej się komórek błony śluzowej oraz drobnoustrojów patogennych (28, 31).

U cieląt pojonych siarą błona śluzowa jelita cienkiego rozwija się znacznie szybciej niż u zwierząt karmionych preparatami siaropodobnymi, o podobnym składzie chemicznym. Siara zawiera ponadto szereg składników antybakteryjnych i immunomodulujących, które wpływają na odporność przewodu pokarmowego (31). Zbyt wczesne wprowadzanie preparatów mlekozastępczych (od 4.-6. dnia życia) do diety powoduje szereg niekorzystnych zmian strukturalnych w budowie błony śluzowej jelita cienkiego w porównaniu do cieląt otrzymujących siarę i mleko matki (4). Ob-

serwowane różnice mogą sugerować, że niedostateczna ilość lub brak biologicznie aktywnych składników siary i mleka (np. laktoferyna, insulinopodobny czynnik wzrostu, insulina czy leptyna) w preparatach mlekozastępczych może niekorzystnie wpływać na organizm noworodka, powodując m.in. obniżenie wartości indeksu mitotycznego, zmniejszenie zawartości białka w śluzówce, a także skrócenie całkowitej długości jelita cienkiego. Wykazano, że substytucja białek mlecznych białkiem innego pochodzenia (mączka rybna, białka sojowe) niekorzystnie wpływa na sekrecję peptydów żołądkowo-jelitowych oraz na samą motorykę przewodu pokarmowego (32). Ponadto produkty pochodzenia roślinnego zawierają substancje antyodżywcze, a niektóre z nich (białko nasion soi i białko roślin strączkowych) działają alergicznie na organizm cieląt. Ich skarmianie we wczesnym okresie życia zwierząt może prowadzić do uszkodzenia kosmków jelitowych. Należy jednak podkreślić, że obecne na rynku preparaty mlekozastępcze są produktami wysokiej jakości, zawierają wiele substancji biologicznie aktywnych, jednak substytucja źródeł białka czy energii pochodzącej z mleka powoduje, że ich skład odbiega od składu mleka pełnego. Niwińska (19), analizując morfologię dwunastnicy w 36. dniu życia cieląt, wykazała, że podawanie mleka pełnego lub pójła z preparatu mlekozastępczego wpłynęło na masę dwunastnicy, długość kosmków jelitowych, grubość błony podśluzówkowej oraz dzienne przyrosty masy ciała. Częstotliwość karmienia (1- lub 3-krotne) miała istotny wpływ na długość kosmków jelitowych i dzienne przyrosty masy ciała. Nie obserwowano natomiast istotnych zmian w masie ścian żwacza i wymiarach brodawek żwaczowych u cieląt w zależności od rodzaju paszy płynnej oraz częstotliwości jej podawania (20).

Pasza treściwa

Na rozwój przewodu pokarmowego i tym samym wyniki odchowu cieląt mają wpływ nie tylko właściwości płynnych zamienników mleka, ale także skład i forma fizyczna podawanych pasz stałych oraz okres ich skarmiania (17, 20). Wczesne podawanie pasz stałych stymuluje przede wszystkim rozwój przedżołądków, zwiększa się ich pojemność oraz rozwija mięśniówka i brodawki żwaczowe. Wzrost funkcji czynnościowych przedżołądków jest przede wszystkim uwarunkowany rozwojem błony śluzowej wyścielającej wnętrze żwacza, tzw. kosmówki. Rozrost kosmówki powoduje zwiększenie powierzchni chłonnej żwacza oraz tempa przechodzenia produktów fermentacji, a szczególnie lotnych kwasów tłuszczowych ze żwacza do krwiobiegu. W badaniach wykazano, że najistotniejszy rozwój żwacza występuje u cieląt żywionych paszami treściwymi o dużej zawartości skrobi zbożowej (34). W płynie żwacza cieląt żywionych takimi paszami stwierdza się wyższe stężenie lotnych kwasów tłuszczowych, szczególnie kwasu masłowego i propionowego. Kwasy te są niezbędne do inicja-

cji zmian fizjologicznych funkcji żołądka u cieląt od typowych dla monogastrycznych zwierząt (po urodzeniu) do charakterystycznych dla dorosłych przeżuwaczy (15, 27). Stymulacja rozwoju żwacza (szczególnie rozwoju błony śluzowej przedżołądków) przez lotne kwasy tłuszczowe wskazuje na występowanie współzależności między anatomicznymi zmianami żwacza (w tym rozwojem brodawek żwaczowych) a jego aktywnością mikrobiologiczną (2, 3).

Głównym źródłem energii w mieszankach dla cieląt są ziarna zbóż bogate w skrobię. Często stosowanym jest ziarno kukurydzy, charakteryzujące się dużą zawartością skrobi opornej na rozkład w żwaczu. Udział tego ziarna w paszy starterowej dla cieląt może wynosić 50-60%. Poza kukurydzą, pszenicą i jęczmieniem komponentem pełnoporcjowych pasz stałych dla cieląt jest często ziarno owsa. Jest ono bogatym źródłem włókna, składnika niezbędnego do prawidłowego funkcjonowania przewodu pokarmowego cieląt. Skrobia ziarna owsa jest najszybciej fermentowana w żwaczu w stosunku do skrobi innych gatunków zbóż stosowanych w dawce pokarmowej cieląt. Może to być przyczyną nadmiernego obniżenia pH płynu żwacza i w efekcie zmniejszenia pobierania pasz stałych (14). Dlatego, jak podają Górka i Kowalski (10), udział całego ziarna owsa w paszy starterowej dla cieląt nie powinien przekraczać 20-25%. Ponadto efekt stosowania ziarna zbóż w mieszankach dla cieląt zależy w znacznym stopniu od ich obróbki technologicznej (15).

Tempo zmian oraz rozwój i stabilizacja funkcji fizjologicznych przewodu pokarmowego cieląt, a także pobieranie suchej masy związane są także z fizyczną strukturą skarmianych pasz. Strusińska i wsp. (25), wprowadzając do paszy treściwej 50% udział całego ziarna zbóż (kukurydza, owies), obserwowali pewne korzystne zmiany morfometryczne i histologiczne w obrębie żwacza i jelita cienkiego w stosunku do cieląt otrzymujących w mieszance śrutowane komponenty zbożowe (tab. 1). Autorzy nie stwierdzili różnic w wyglądzie brodawek żwaczowych u badanych cieląt, były one długie, regularne i prawidłowo wykształcone. Cielęta otrzymujące w mieszance treściwej całe ziarno zbóż charakteryzowały się ponadto istotnie większą grubością nabłonka dwunastnicy i grubością błony śluzowej jelita czczego. Posiadały dobrze wykształcone, regularne i wysokie kosmki jelitowe, które u buhajków żywionych mieszanką z udziałem śrutowanych komponentów zbożowych miały zróżnicowaną długość oraz były nieregularne i różnokształtne, szczególnie w odcinku jelita czczego i biodrowego. Badania przeprowadzone przez Greenwooda i wsp. (11) wskazują, że drobne cząsteczki pasz mogą w większym stopniu wpływać na keratynizację nabłonka żwacza i w konsekwencji na obniżenie aktywności metabolicznej tkanki

żwacza. Autorzy podają, że rozmiar brodawek żwaczowych (zarówno długość, jak i szerokość) istotnie obniża się w miarę wzrostu rozmiarów cząsteczek paszy. Żwacz cieląt otrzymujących paszę o strukturze drobnoziarnistej charakteryzował się największym udziałem brodawek rozgałęzionych (25%), a przy paszy gruboziarnistej udział ten wynosił tylko 12%. Beharka i wsp. (3) nie obserwowali zmian w rozmiarach brodawek żwaczowych i masie przedżołądków (pustych lub pełnych) u cieląt żywionych paszą o zróżnicowanym rozdrobnieniu. Stwierdzono natomiast, że żwacz cieląt otrzymujących pasze mniej rozdrobnione charakteryzował się brodawkami bardziej wyrównanymi i o mocniejszej podstawie. Podawanie cielętom śrutowanych komponentów dawki powodowało, że brodawki żwaczowe były bardziej nieregularne, cieńsze i zagęszczone, a także wykazywały tendencję

Tab. 1. Wybrane wskaźniki morfometryczne żwacza i jelita cienkiego cieląt (25)

Wskaźniki	Grupa		SEM
	kontrolna	doświadczalna	
Średnia masa, kg			
- żwacz	1,30	1,33	0,09
- jelito cienkie	2,03 ^a	2,77 ^b	0,21
Grubość, μm^{-1}			
Żwacz			
- nabłonek	127,12 ^B	97,24 ^A	3,18
- warstwa rogowaciejąca	33,39 ^B	17,50 ^A	0,55
Dwunastnica			
- błona śluzowa	630,18	620,95	7,78
- nabłonek	22,50 ^A	23,89 ^B	0,17
Jelito czcze			
- błona śluzowa	506,63 ^a	541,71 ^b	8,18
- nabłonek	22,56 ^B	19,83 ^A	0,25

Objaśnienia: średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie – a, b < 0,05; A, B < 0,01; kontrolna – w mieszance starter śrutowane komponenty zbożowe; doświadczalna – 50% udział całego ziarna zbóż (kukurydza + owies, proporcja 1 : 1)

Tab. 2. Wpływ obróbki technologicznej ziarna kukurydzy na niektóre parametry żwacza (15)

Wybrane parametry	Diety				SEM
	WC	DRC	RC	SCF	
Brodawki żwacza					
- długość, cm	0,87 ^{ab}	0,71 ^a	0,80 ^{ab}	0,89 ^b	0,07
- szerokość, cm	0,57	0,54	0,51	0,61	0,07
Grubość ścian żwacza, cm	1,06 ^a	1,10 ^{ab}	1,14 ^{ab}	1,21 ^b	0,05

Objaśnienia: średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie – a, b < 0,10; WC – całe ziarno kukurydzy; DRC – ziarno suszone i gniecione; RC – ziarno toastowane; SCF – ziarno płatkowane w środowisku gorącej pary wodnej

do rozgałęzień. Forma fizyczna dawki nie miała wpływu na rozwój mięśniówki przedżołądków u 10-tygodniowych cieląt. Badania przeprowadzone przez Lesmeistera i Heinrichsa (15) wykazały, że żwacz cieląt (do 4. tygodnia życia) otrzymujących w granulowanej mieszance starter 33% całego ziarna kukurydzy charakteryzował się mniejszą grubością ścian, ale jednocześnie dłuższymi brodawkami w porównaniu z cielętami żywionymi dawką pokarmową zawierającą suche gniecione ziarna kukurydzy lub ziarna toastowane. Zabiegi technologiczne związane z obróbką fizyczną ziarna kukurydzy nie powodowały zmian w szerokości brodawek żwaczowych (tab. 2). Badania innych autorów (1, 8, 27), potwierdzają, że większe cząsteczki paszy oraz wczesne pobieranie mieszanki typu starter o zróżnicowanej strukturze fizycznej wpływają korzystnie na rozwój anatomiczny żwacza i tym samym lepsze wyniki odchowu cieląt. Szczególnie pasze w formie granulowanej są chętnie pobierane przez cielęta. Granulat o odpowiedniej twardości stymuluje bowiem pracę mięśniówki żwacza, przyspiesza proces jej rozwoju, a ponadto następuje fizyczne ścieranie obumarłych komórek, co ogranicza występowanie chorób nabłonka żwacza. Wkomponowanie w granulowaną paszę treściwą całego ziarna zbóż (kukurydza, owies czy jęczmień) daje możliwość nie wprowadzania do dawki pokarmowej cieląt w początkowym okresie odchowu tradycyjnego siana jako elementu strukturalnego.

Dodatki paszowe

Należy uwzględnić dodatki stymulujące rozwój przewodu pokarmowego, łatwe do włączenia oraz stosunkowo tanie. Wprowadzane są do preparatów mlekozastępczych lub mieszanki starterowej. Na uwagę zasługują preparaty siarozastępcze o wyższej koncentracji immunoglobulin i zwiększonej pozornej wydajności wchłaniania niż preparaty dotychczas produkowane. Nie tylko zwiększają odporność organizmu, ale także mogą stymulować rozwój przewodu pokarmowego cieląt. Dodatek laktoferyny i laktoperoksydazy (naturalnych składników mleka) stymuluje rozwój błony śluzowej jelita (22, 23).

Powszechnie stosowane są także preparaty probiotyczne i prebiotyczne. Lesmeister i wsp. (16) stwierdzili pozytywny wpływ dodatku probiotycznego do paszy treściwej na rozwój błony śluzowej żwacza u cieląt. Immunomodulacyjne działanie probiotyków wiąże się szczególnie z korzystnym wpływem pałeczek kwasu mlekowego na rozwój i czynności układu immunologicznego na poziomie błony śluzowej jelita (GALT) (13). Bakterie probiotyczne produkują substancje bakteriostatyczne, np. acidofilina czy lactobacilina o działaniu antybiotykowym i wpływają korzystnie na śluzówkę przewodu pokarmowego (21). Stymulują także aktywność niektórych enzymów jelitowych – laktazy, sacharazy, maltazy, a także poprawiają perystaltykę jelit, w konsekwencji zwiększa się strawność składników pokarmowych diety.

Prebiotyki mogą występować jako naturalny składnik niektórych roślin (strączkowych, zbóż, topinamburu, cebuli, kielków bambusa, korzeni cykorii, bananów). Syntetyczne formy pozyskuje się w procesach biotechnologicznych, np. ze ścian drożdży *Saccharomyces cerevisiae* – mannanooligosacharydy, czy też ekstrahowane z cykorii – fruktooligosacharydy (12). Inulina, oligofruktoza, czy fruktooligosacharydy zaliczane do prebiotyków, nie są trawione i wchłaniane w jelicie cienkim gospodarza, a ulegają szybkiej i selektywnej fermentacji bakteryjnej w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego, stymulując wzrost pałeczek kwasu mlekowego z rodzaju *Bifidobacterium*. Podczas fermentacji bakteryjnej fruktanów produkowane są krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, przede wszystkim kwasy: octowy, propionowy, masłowy i mlekowy (9). Kwasy te mają korzystny wpływ na metabolizm ogólnoustrojowy, odżywiają komórki jelit, obniżają pH treści, warunkują wzrost wysokości kosmków jelitowych i liczbę komórek nabłonkowych w kosmkach. Istotne działanie wykazuje kwas masłowy, będący głównym materiałem energetycznym dla komórek nabłonka jelita grubego (kolonocytów), warunkując ich prawidłowy rozwój. Brak tego źródła energii może powodować atrofię kolonocytów, w wyniku czego następuje utrata integralności nabłonka jelitowego i tym samym zwiększenie jego przepuszczalności dla czynników patogennych. Kwas masłowy odgrywa także istotną rolę w pobudzaniu rozwoju błony śluzowej przedżołądków. Włączony do diety w postaci związku chemicznego – soli sodowej (maślan sodu), wykazuje pozytywny wpływ na rozwój jelit u prosiąt i cieląt (9). Oligosacharydy, działając selektywnie, zapobiegają przyleganiu bakterii patogennych do śluzówki przewodu pokarmowego (aglutynują szkodliwe bakterie Gram-ujemne), stymulując tym samym wzrost i aktywność pożytecznych szczepów bakterii. Ponadto łącząc się z receptorami ściany jelit, stymulują układ odpornościowy zwierząt (24).

Masanetz i wsp. (18) włączając do preparatu mlekozastępczego dla cieląt 2% laktulozy, obserwowali tendencję do zwiększenia wysokości kosmków w obrębie jelita czczego, a szczególnie jelita biodrowego, gdzie wystąpił także wzrost proliferacji komórek. Dodatek 2% inuliny wpłynął na nieznaczne obniżenie tych wskaźników w stosunku do grupy kontrolnej i otrzymującej laktulozę. Podawane prebiotyki nie wykazały istotnego wpływu na szerokość kosmków jelitowych, głębokość krypt oraz odległości między kryptami w okrężnicy. Suplementacja diety inuliną zwiększała liczebność bakterii *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*, obniżając jednocześnie liczbę patogennych mikroorganizmów jelitowych (9).

Wzbogacenie dawki pokarmowej rosnących zwierząt nukleotydami drożdżowymi wzmacnia wzrost i dojrzewanie ich przewodu pokarmowego oraz przyspiesza regenerację jelitowych komórek nabłonkowych (6). Szczególnie mannanooligosacharydy pozyskiwa-

ne ze ścian komórkowych szczepów drożdży *Saccharomyces cerevisiae* mają właściwości immunostymulujące (7), a także ograniczają kolonizację w obrębie jelita cienkiego i grubego drobnoustrojów chorobotwórczych posiadających fimbrie typu I. Obecność tych fimbrii pozwala na adhezję chorobotwórczych bakterii (*Salmonella spp.*, *E. coli*) do receptorów enterocytów nabłonka ściany jelita (26).

Podsumowanie

Funkcjonalna gotowość motoryczna przewodu pokarmowego cieląt jest już w pierwszych godzinach życia neonatalnego w pełnej sprawności czynnościowej. Rozwój anatomiczny i funkcjonalny przewodu pokarmowego uwarunkowany jest w znacznym stopniu czynnikami żywieniowymi, a szczególnie rodzajem pokarmu, jego składnikami oraz fizyczną strukturą substratów trawienia. Jednak ich badanie jest bardzo trudne ze względu na złożoność procesów fizjologicznych zachodzących w rozwijającym się organizmie. Istnieje możliwość wpływania na te procesy, ale należy zachować dużą ostrożność, szczególnie w odniesieniu do młodych zwierząt.

Piśmiennictwo

- Bach A., Giménez A., Juaristi L., Ahedo J.: Effects of physical form of a starter for dairy replacement calves on feed intake and performance. *J. Dairy Sci.* 2007, 90, 3028-3033.
- Baldwin R. L.: Use of isolated ruminal epithelial cells in the study of rumen metabolism. *J. Nutr.* 1998, 128, 293S-296S.
- Beharka A. A., Nagaraja T. G., Morrill J. L., Kennedy G. A., Klemm R. D.: Effect of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 1998, 81, 1946-1955.
- Blättler U., Hammon H. M., Morel C., Philipona C., Ruprich A., Romè V., Le Huërou-Luron I., Guilloteau P., Blum J. W.: Feeding colostrums, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves. *J. Nutr.* 2001, 131, 1256-1263.
- Burrin D. G., Shulman R. J., Reeds P. J., Davis T. A., Granvitt K. R.: Porcine colostrum and milk stimulate visceral organ and skeletal muscle protein synthesis in neonatal piglets. *J. Nutr.* 1992, 122, 1205-1213.
- Carver J. D.: Dietary nucleotides: effect on the immune and gastrointestinal systems. *Acta Paediatrica* 1999, 88, 83-86.
- Davis M. E., Maxwell C. V., Erf G. F., Brown D. C., Wistuba T. J.: Dietary supplementation with phosphorylated mannans improves growth response and modulates immune function of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 2004, 82, 1882-1891.
- Franklin S. T., Amaral-Phillips D. M., Jackson J. A., Campbell A. A.: Health and performance of Holstein calves that suckled or were hand-fed colostrum and were fed one of three physical forms of starter. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 2145-2153.
- Gibson G. R., Roberfroid M. R.: Dietary modulation of the human colonic microbial: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 1995, 125, 1401-1412.
- Górka P., Kowalski Z. M.: Pasze stałe w odchowie cieląt ras mlecznych. *Medycyna Wet.* 2008, 64, 1384-1388.
- Greenwood R. H., Morrill J. L., Titgemeyer E. C., Kennedy G. A.: A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *J. Dairy Sci.* 1997, 80, 2534-2541.
- Grela E., Semeniuk W.: Konsekwencje wycofania antybiotykowych stymulatorów wzrostu z żywienia zwierząt. *Medycyna Wet.* 2006, 62, 502-506.
- Isolauri E., Sütas Y., Kankaanpää P., Arvilommi H., Salminen S.: Probiotics: effects on immunity. *Am. J. Clin. Nutr.* 2001, 73, 444S-450S.
- Khan M. A., Lee H. J., Lee W. S., Kim H. S., Park S. J., Ha J. K., Choi Y. J.: Starch source evaluation in calf starter. I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 2007, 90, 5259-5268.
- Lesmeister K. E., Heinrichs A. J.: Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 3439-3450.
- Lesmeister K. E., Heinrichs A. J., Ganler M. T.: Effect of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 1832-1839.
- Longenbach J. I., Heinrichs A. J.: A review of the importance and physiological role of curd formation in the abomasum of young calves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1998, 73, 85-97.
- Masanetz S., Wimmer N., Pitzner C., Limbeck E., Preißinger W., Ptäfl W.: Effects of inulin and lactulose on the intestinal morphology of calves. *Animal* 2010, 4-5, 739-744.
- Niwińska B.: Duodenal morphology in calves fed liquid diets with different frequency. *J. Feed Sci.* 2005, 14, 291-294.
- Niwińska B., Strzetelski J.: Effects of type of liquid feed and feeding frequency on rumen development and rearing performance of calves. *Ann. Anim. Sci.* 2005, 5, 125-134.
- Prost E. K.: Probiotyki. *Medycyna Wet.* 1999, 55, 75-79.
- Quigley J. D., Kost C. J., Wolfe T. M.: Absorption of protein and IgG in calves fed a colostrum supplement or replacer. *J. Dairy Sci.* 2002, 85, 1243-1248.
- Quigley J. D., Strohbehn R. E., Kost C. J., O'Brien M. M.: Formulation of colostrum supplements, colostrum replace and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 2001, 84, 2059-2065.
- Roberfroid M. B.: Introducing inulin – type fructans. *Brit. J. Nutr.* 2005, 93, Suppl. 1, 13-25.
- Strusińska D., Minakowski D., Bomba G., Otrocka-Domagala I., Wiśniewska M., Tywończuk J.: Effect of whole cereal grains contained in the ration on calf performance and selected morphometric parameters of the rumen and small intestine. *Czech J. Anim. Sci.* 2009, 54, 540-551.
- Truszyński M., Pejsak Z.: Możliwości przeciwdziałania ujemnym skutkom zakazu stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu u świń. *Medycyna Wet.* 2007, 63, 10-13.
- Warner R. G.: Nutritional factors affecting the development of a functional ruminant – a historical perspective. *Cornell Nutrition Conf. Cornell University, Ithaca, USA* 1991, 1-12.
- Woliński J.: Wpływ niektórych czynników żywieniowych na strukturę i funkcje przewodu pokarmowego młodych ssaków. II Konf. Młodych Badaczy pn. „Fizjologia i biochemia w żywieniu zwierząt”. Warszawa 2005, s. 19-28.
- Xu R. J.: Bioactive peptides in milk and their biological and health implications. *Food Rev. Int.* 1998, 14, 1-16.
- Xu R. J., Mellor D. J., Tunghanathanich P., Birtles M. J., Reynolds G. W., Simpson H. V.: Growth and morphological changes in the small intestine in piglets during the first three days after birth. *J. Developmental Physiology.* 1992, 18, 161-172.
- Zabiński R.: Bioactive peptides in young animal nutrition. *J. Anim. Feed Sci.* 2001, 10, Suppl. 1, 169-180.
- Zabiński R.: Regulatory peptides in milk, food and in the gastrointestinal lumen of young animals and children. *J. Anim. Feed Sci.* 1998, 7, 65-78.
- Zhang H., Malo C., Buddington R. K.: Suckling induces rapid intestinal growth and changes in brush border digestive functions of newborn pigs. *J. Nutr.* 1997, 127, 418-426.
- Zitnan R., Voight J., Schonhosen U., Wegner J., Kokardova M., Hagemeyer M., Levkut M., Kuhla S., Sommer A.: Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Arch. Anim. Nutr.* 1998, 51, 279-291.

Adres autora: prof. dr hab. Danuta Strusińska, ul. Oczapowskiego 5, 10-719 Olsztyn; e-mail: danuta.strusinska@uwm.edu.pl