

WPLYW GLUTAMINY I ŚREDNIOŁAŃCUCHOWYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH NA WSKAŹNIKI PRODUKCYJNE ORAZ ŚRODOWISKO I STRUKTURĘ PRZEWODU POKARMOWEGO PROSIĄT*

Ewa Hanczakowska¹, Małgorzata Świątkiewicz²

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, 32-083 Balice k. Krakowa

¹Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa

²Dział Genetyki i Hodowli Zwierząt

Celem doświadczenia była ocena możliwości synergistycznego działania glutaminy i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych na przyrosty prosiąt oraz kwasowość treści pokarmowej i strukturę przewodu pokarmowego. Doświadczenie przeprowadzono na 164 prosiątach (16 miotów podzielonych na 4 grupy). Grupa I otrzymywała standardową mieszankę paszową bez dodatków, grupa II otrzymywała tę samą mieszankę z dodatkiem 2% glutaminy, grupy III i IV otrzymywały mieszankę z dodatkiem 2% glutaminy oraz odpowiednio 0,3% kwasu kaprylowego (C8) lub kaprynowego (C10). Doświadczenie trwało do 70. dnia życia. Analizowano przyrosty prosiąt, spożycie paszy, masę i długość poszczególnych odcinków przewodu pokarmowego, kwasowość treści jelit, zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA) w treści jelita cienkiego i ślepego oraz strukturę nabłonka w jelicie cienkim. Dodatek glutaminy istotnie poprawił przyrosty prosiąt jedynie w pierwszym okresie tuczu, tj. do 28. dnia doświadczenia. W tym samym czasie przyrosty prosiąt otrzymujących glutaminę i kwasy C8 i C10 były istotnie niższe niż w grupie kontrolnej i istotnie niższe niż w grupie z samą glutaminą. W drugim okresie (28–56 dzień życia) różnice te zmniejszyły się, a w trzecim okresie (56–70 dzień życia) brak było istotnych różnic. Zastosowane czynniki żywieniowe nie wpłynęły istotnie na wykorzystanie paszy przez prosięta. Nie było istotnych różnic w całkowitej zawartości SCFA w treści jelit. Jedyną różnicą w strukturze nabłonka jelita cienkiego była większa szerokość kosmków w grupie otrzymującej kwas kaprynowy. Otrzymane wyniki wskazują, że dodatek glutaminy do paszy dla prosiąt poprawia przyrosty w pierwszym okresie odchowu. Dodatek średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych C8 i C10 do paszy z glutaminą nie powoduje dalszej poprawy wyników produkcyjnych.

Słowa kluczowe: glutamina, kwas kaprylowy, kwas kaprynowy, prosięta, treść pokarmowa, struktura jelit

*Źródło finansowania badań: działalność statutowa IZ PIB (05-012.1).

Unia Europejska wprowadziła zakaz używania antybiotykowych stymulatorów wzrostu w żywieniu zwierząt gospodarskich, powstała więc konieczność znalezienia ich zamienników, zwłaszcza dla młodych, wrażliwych zwierząt (Anadón, 2006). Prosięta, mające nie w pełni rozwinięty przewód pokarmowy i system odpornościowy są szczególnie podatne na szkodliwy wpływ środowiska (Bailey i in., 2005). Z powodu wysokiego zapotrzebowania rosnących zwierząt na białko i energię podstawowe znaczenie ma właściwy rozwój i funkcjonowanie przewodu pokarmowego. Po odsadzeniu prosięta muszą zaadaptować się do nowych stresujących warunków, co jest związane z obniżonym spożyciem paszy, przejściowym niedożywieniem i zahamowaniem wzrostu (Lallés i in., 2004). W tym okresie synteza białka obniża się w mięśniach, natomiast rośnie w jelitach, co chroni przewód pokarmowy przed niedoborem tego składnika (Séve i in., 1986). Spożycie paszy i funkcjonowanie przewodu pokarmowego mogą być poprawione przez podawanie prosiętom produktów mlecznych, będących źródłem łatwo przyswajalnego białka i energii (Thacker, 1999).

Innym sposobem zapobiegania atrofii jelit obserwowanej w okresie około-odsadzeniowym może być zastosowanie glutaminy lub glutaminianu jako dodatku do paszy (Ewtushick i in., 2000). Newsholme i in. (2003) stwierdzili, że w warunkach stresu po odsadzeniu glutamina jest aminokwasem „względnie niezbędnym”. Pozytywny wpływ dodatku glutaminy do paszy na przyrosty i morfologię jelit u odsadzonych prosiąt stwierdzili Zhong i in. (2011). Również w naszym wcześniejszym doświadczeniu (Hanczakowska i in., 2014) glutamina poprawiła przyrosty odsadzonych prosiąt. Dobre efekty można również uzyskać, wzbogacając paszę dla prosiąt średniołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi (MCFA – ang. Medium Chain Fatty Acids). Jest to wynikiem ich działania antybakteryjnego (Skrivanová i in., 2009) oraz poprawy struktury nabłonka jelitowego (Hanczakowska i in., 2011).

Celem badań było określenie możliwości synergistycznego działania glutaminy i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych na przyrosty masy ciała prosiąt oraz kwasowość treści pokarmowej i strukturę nabłonka jelit.

Material i metody

Wszystkie zastosowane metody zostały zaaprobowane przez II Lokalną Komisję Etyczną do Doświadczeń na Zwierzętach w Krakowie.

Utrzymanie i żywienie zwierząt

Doświadczenie przeprowadzono na 164 prosiątach (16 miotów) pochodzących od loch rasy polskiej białej zwiślouchej × wielkiej białej polskiej, pokrytych knurem duroc × pietrain. Zwierzęta przydzielono do jednej z 4 grup, po około 40 prosiąt (4 mioty) w każdej. Grupa I (C – kontrola negatywna) otrzymywała standardową mieszankę paszową bez dodatków, grupa II (GT – kontrola pozytywna) otrzymywała tę samą mieszankę z dodatkiem 2% glutaminy, grupy III i IV otrzymywały mieszankę z dodatkiem 2% glutaminy oraz odpowiednio 0,3% kwasu kaprylowego (C8)

lub kaprynowego (C10). Pasza i woda były dostępne do woli. Prosięta otrzymywały mieszankę typu prestarter od 7. do 21. dnia życia, a starter od 22. dnia do końca doświadczenia (70. dzień życia). Prosięta odsadzano w 28. dniu życia. Skład mieszanek podano w tabeli 1. Prosięta ważono indywidualnie w 1., 7., 28., 56. i 70. dniu życia i obliczono średnie dzienne przyrosty. Spożycie paszy mierzono codziennie i na tej podstawie obliczono wykorzystanie paszy.

Tabela 1. Skład mieszanek paszowych dla prosiąt (g kg⁻¹)
Table 1. Composition of piglet diets (g kg⁻¹)

Komponenty Components	7–21 dzień życia 7–21 days of age			21–70 dzień życia 21–70 days of age		
	grupa kontrolna (C) control	GT	GT+ C8 / C10	grupa kontrolna (C) control	GT	GT+ C8 / C10
Poekstrakcyjna śruta sojowa Soybean meal	120	120	120	220	220	220
Śruta pszenna Wheat, ground	450	450	450	300	300	300
Śruta jęczmienna Barley, ground	179	159	158,7	341	321	321
Mleko w proszku Milk powder	60	60	60	50	50	50
Suszona serwatka Dried whey	60	60	60	60	60	60
Koncentrat białka soi HP300 Soybean meal HP300	100	100	100	-	-	-
Fosforan paszowy 1-Ca Feed phosphate 1-Ca	10	10	10	7	7	7
Kreda pastewna Ground limestone	11	11	11	11	11	11
Premiks mineralno- -witaminowy ^{1/2} Vitamin-mineral premix ^{1/2}	5	5	5	5	5	5
Sól Salt	3	3	3	3	3	3
Lizyna L-lysine	2	2	2	3	3	3
Glutamina Glutamine	-	20	20	-	20	20
Kwas kaprylowy Caprylic acid (C8) or Kwas kaprynowy Capric acid (C10)	-	-	0,3	-	-	0.3
W 1 kg mieszanki paszowej: In 1 kg of feed mixture:						
energia metaboliczna (MJ)* metabolizable energy (MJ)		13.3			12.7	

cd. tabeli 1 – Table 1 contd.

1	2	3
sucha masa (g) dry matter (g)	894	887
białko ogólne (g) crude protein (g)	208	184
tłuszcz surowy (g) crude fat (g)	17	16
włókno surowe (g) crude fibre (g)	37	36

¹Skład premiksu: witamina: A – 3000000 IU; D₃ – 300000 IU; E – 21,0 g; K₃ – 0,45 g; B₁ – 0,45 g; B₂ – 1,2 g; B₆ – 0,9 g; B₁₂ – 0,008 g; kwas pantotenowy – 3,0 g; chlorek choliny – 80 g; kwas foliowy – 0,4 g; kwas nikotynowy – 4,0 g; magnez – 10 g; mangan – 8,0 g; jod – 0,16 g; cynk – 28 g; żelazo – 20 g; miedź – 32 g; kobalt – 0,08 g; selen – 0,04 g; kreda pastewna do 1000 g.

¹Premix composition: vitamin: A – 3000000 IU; D₃ – 300000 IU; E – 21.0 g; K₃ – 0.45 g; B₁ – 0.45 g; B₂ – 1.2 g; B₆ – 0.9 g; B₁₂ – 0.008 g; pantothenic acid – 3.0 g; choline chloride – 80 g; folic acid – 0.4 g; nicotinic acid – 4.0; magnesium – 10 g; manganese – 8.0 g; iodine – 0.16 g; zinc – 28 g; iron – 20 g; copper – 32 g; cobalt – 0.08 g; selenium – 0.04 g; ground limestone to 1000 g.

²Skład premiksu: witamina: A – 2400000 IU; D₃ – 300000 IU; E – 14,0 g; K₃ – 0,3 g; B₁ – 0,45 g; B₂ – 1,2 g; B₆ – 0,9 g; B₁₂ – 0,008 g; kwas pantotenowy – 3,0 g; chlorek choliny – 80 g; kwas foliowy – 0,4 g; kwas nikotynowy – 4,0 g; magnez – 10 g; mangan – 8,0 g; jod – 0,16 g; cynk – 28 g; żelazo – 20 g; miedź – 32 g; kobalt – 0,08 g; selen 0,04 g; kreda pastewna do 1000 g.

²Premix composition: vitamin: A – 2400000 IU; D₃ – 300000 IU; E – 14.0 g; K₃ – 0.3 g; B₁ – 0.45 g; B₂ – 1.2 g; B₆ – 0.9 g; B₁₂ – 0.008 g; pantothenic acid – 3.0 g; choline chloride – 80 g; folic acid – 0.4 g; nicotinic acid – 4.0; magnesium – 10 g; manganese – 8.0 g; iodine – 0.16 g; zinc – 28 g; iron – 20 g; copper – 32 g; cobalt – 0.08 g; selenium – 0.04 g; ground limestone to 1000 g.

*ME obliczono stosując równanie Hoffmanna i Schiemanna (1980).

*ME calculated with Hoffmann and Schiemann equation (1980).

GT – glutamina; GT + C8/C10 – glutamina + kwas kaprylowy/kaprynowy.

GT – glutamine; GT + C8/C10 – glutamine + caprylic/capric acid.

W 60. dniu życia po 6 prosiąt z każdej grupy poddano ubojowi i wypreparowano ich przewód pokarmowy. Treść jelit usunięto i zmierzono długość i masę poszczególnych partii przewodu pokarmowego. Zbadano również strukturę nabłonka jelita czczego. Oznaczono kwasowość treści poszczególnych partii przewodu oraz zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelita czczego i ślepego.

Analizy chemiczne

Skład chemiczny paszy oznaczano metodami standardowymi (AOAC, 1995).

Kwasowość treści żołądka, dwunastnicy, jelita czczego i ślepego oraz okrężnicy mierzono pehametrem CP-411 (Elmetron, Zabrze) wyposażonego w elektrodę Metron 12-01 (Metron, Toruń). Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe z treści jelita czczego i ślepego rozdzielano na kolumnie CP-Wax 58 (Varian BV, Middelburg, Holandia) (25 m, 0,53 mm, 1 m, gaz – hel, 6 ml/min), z programem temperatury pieca od 90 do 200°C, używając chromatografu gazowego Varian 3400 (Varian Associates Inc., Walnut Creek, USA) wyposażonego w autosampler Varian 8200 CX (2000C), FID detector (260°C) i Star Chromatography Workstation Software.

Badania histologiczne

Próbki nabłonka jelita czczego rozpięto na płytkach polistyrenowych i utrwalono w 10% buforowanej formalinie. Ściany jelit zostały precyzyjnie pocięte i z każdej próbki wykonano cztery wycinki. Następnie sporządzono bloczki parafinowe, z których wykonano skrawki grubości 4 mm i na szkiełkach wybarwiono je metodą hematoxylina-eozyna. Wysokość kosmków i głębokość krypt określano pod mikroskopem (Zeiss Axioscop microscope, Zeiss GmbH, Niemcy) używając kamery CDD ZVS-47DE (Optronics Inc., USA) połączonej linią RGB z kartą graficzną GraBIT PCI (Soft Imaging System GmbH, Niemcy) zainstalowaną w standardowym komputerze. Jako dobrze zachowane kosmki przyjęto te, które były proste z widocznym pokrywającym je nabłonkiem i naczyniami w podścielisku.

Analizy statystyczne

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie analizą wariancji porównując średnie testem Tukeya przy poziomach istotności $P < 0,05$ i $P < 0,01$, używając pakietu Statistica v 12.

Wyniki

Zastosowane w paszy dla prosiąt dodatki zmniejszyły śmiertelność prosiąt. Dodatek glutaminy do paszy istotnie ($P < 0,01$) poprawił przyrosty masy ciała prosiąt w pierwszym okresie odchowu, tj. do 28. dnia życia (tab. 2). Przyrosty te były wyższe w porównaniu do grupy kontrolnej o 17,9 oraz o 22,9 i 27,1% w porównaniu do otrzymujących badane kwasy łącznie z glutaminą. W drugim okresie odchowu różnice te zmniejszyły się i wynosiły odpowiednio 11,5, 14,6 i 22,6%, a różnice istotne stwierdzono tylko w porównaniu do prosiąt otrzymujących glutaminę z kwasem kapronowym ($P < 0,05$). W trzecim okresie odchowu nie stwierdzono istotnych różnic w przyrostach, ale najszybciej rosły prosięta grupy kontrolnej i otrzymujące kwas kaprylowy. Jednak w całym doświadczeniu znalazły odbicie różnice z pierwszych okresów i obie grupy otrzymujące kwasy uzyskały wyniki gorsze ($P < 0,01$).

W ciągu całego doświadczenia pobranie paszy zmieniało się, jednak po 70 dniach odchowu brak było istotnych różnic. W wykorzystaniu paszy nie było istotnych różnic na żadnym etapie doświadczenia, chociaż u prosiąt otrzymujących samą glutaminę wystąpiła tendencja lepszego wykorzystania paszy.

Dwunastnica prosiąt otrzymujących glutaminę i kwas kaprynowy (tab. 3) miała istotnie wyższą masę ($P < 0,01$) w przeliczeniu na masę ciała niż u otrzymujących samą glutaminę (odpowiednio 1,17 i 0,82 g). W grupie GT masa jelita ślepego była najniższa, ale różnica była istotna tylko w porównaniu do grupy otrzymującej kwas kaprylowy. Okrężnica prosiąt otrzymujących glutaminę i kwas kaprylowy była istotnie cięższa ($P < 0,05$) niż pozostałych. Dwunastnice prosiąt otrzymujących kwasy były istotnie ($P < 0,05$) dłuższe niż obu grup kontrolnych, ale w długości pozostałych partii przewodu pokarmowego brak było istotnych różnic.

Tabela 2. Wskaźniki odchowu prosiąt
Table 2. Indices of piglet performance

	Grupa kontrolna (C) Control group (C)	GT	GT+C8	GT+C10	Wartość P P-value	SEM ¹
Liczba urodzonych prosiąt No. of piglets born per treatment	39	41	43	41	-	-
Upadki prosiąt i brakowania (%) Dead and culled piglets (%)	10,2	7,3	4,5	2,4	-	-
Masa ciała (kg) w dniach życia Body weight (kg) on days of age						
Dni życia: Days of age:						
1	1,80	1,82	1,80	1,79	0,970	0,021
7	3,11 ab	3,46 b	3,19 ab	3,00 a	0,027	0,053
28	8,01 Ab	9,39 Bc	7,65 Aab	7,29 Aa	<0,001	0,130
56	15,12 A	17,44 B	14,50 A	13,51 A	<0,001	0,232
70	22,68 AB	24,67 B	21,32 A	20,79 A	<0,001	0,308
Średnie dzienne przyrosty masy ciała (g) Average daily body weight gains (g)						
1–28	230 A	280 B	217 A	204 A	<0,001	4,662
28–56	254 ABab	287 Bb	245 ABa	222 Aa	<0,001	4,970
56–70	541	517	487	520	0,226	9,757
1–70	303 AB	331 B	283 A	275 A	<0,001	4,353

Spożycie paszy w poszczególnych okresach (g)
Feed intake in experimental periods (g)

1-28	22	22	19	21	0,152	0,566
28-56	423 ab	471 b	420 ab	398 a	0,045	8,918
56-70	967 b	835 a	851 ab	851 ab	0,020	17,351
1-70	410	402	382	372	0,092	5,816

Zużycie paszy na przyrost 1 kg masy ciała (kg)
Average feed conversion per kg of body weight gain (kg)

1-28	0,099	0,075	0,089	0,105	0,582	0,007
2-56	1,70	0,63	0,72	1,79	0,868	0,057
56-70	1,78	1,60	0,75	1,65	0,483	0,054
1-70	1,30	1,16	1,33	1,32	0,177	0,031

¹SEM – błąd standardowy średniej – Standard error of the mean.

C – kontrola; GT – glutamina; GT+C8 – glutamina + kwas kaprylowy; GT+C10 – glutamina + kwas kaprynowy.

C – control diet; GT+C8 – glutamine + caprylic acid; GT+C10 – glutamine+ capric acid.

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$ (A, B) lub $P \leq 0,05$ (a, b).

Mean values in the same row with different letters differ significantly at $P \leq 0,01$ (A, B) or $P \leq 0,05$ (a, b).

Tabela 3. Masa i długość poszczególnych odcinków przewodu pokarmowego prosiąt
Table 3. Mass and length of selected parts of piglet intestines

	Grupa kontrolna (C) Control group (C)	GT	GT+C8	GT+C10	Wartość P P-value	SEM ¹
Stosunek masy jelit do masy ciała (g/kg) Relation of intestinal mass to BW (g/kg)						
Dwunastnica Duodenum	0,95 AB	0,82 A	0,91 AB	1,17 B	0,009	0,041
Jelito czcze Jejunum	44,24	41,79	42,32	44,57	0,445	0,716
Jelito ślepe Caecum	2,65 ab	2,32 a	2,91 b	2,71 ab	0,046	0,078
Okrężnica Colon	16,10 ABa	15,64 ABa	18,55Bb	14,22 Aa	<0,001	0,415
Całkowita masa Total mass	74,15	70,03	74,00	72,96	0,386	0,933
Stosunek długości jelit do masy ciała (cm/kg) Relation of intestinal length to BW (cm/kg)						
Dwunastnica Duodenum	1,25 Aa	1,34 ABa	1,54 ABab	1,74 Bb	0,002	0,054
Jelito czcze Jejunum	76,44	70,75	72,62	71,50	0,398	1,250
Jelito ślepe Caecum	2,65	2,63	2,87	3,33	0,056	0,103
Okrężnica Colon	16,00	14,28	13,97	14,11	0,182	0,372
Całkowita długość Total length	96,00	89,00	91,00	90,68	0,353	1,502

¹SEM – błąd standardowy średniej – Standard error of the mean.

C – kontrola; GT – glutamina; GT+C8 – glutamina + kwas kaprylowy; GT+C10 – glutamina + kwas kaprynowy.
C – control diet; GT+C8 – glutamine + caprylic acid; GT+C10 – glutamine + capric acid.

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$ (A, B); lub $P \leq 0,05$ (a, b).

Mean values in the same row with different letters differ significantly at $P \leq 0,01$ (A, B) or $P \leq 0,05$ (a, b).

W treści dwunastnicy najwyższą kwasowość (pH 5,56) stwierdzono u prosiąt z grupy GT+C10, a najniższą (pH 6,17) w grupie GT (tab. 4). Różnice te były istotne statystycznie ($P < 0,01$). Brak było istotnych różnic w kwasowości treści jelita czczego. Natomiast w jelicie ślepym najwyższą kwasowość spowodowała dawka z kwasem kaprylowym, ale różnica była istotna tylko w porównaniu do grupy GT. W przypadku okrężnicy obie grupy otrzymujące kwasy charakteryzowały się niższym pH treści pokarmowej ($P < 0,01$) niż grupa kontrolna oraz ($P < 0,05$) w porównaniu do GT.

Istotne różnice ($P < 0,01$) w zawartości krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA) stwierdzono w treści pokarmowej jelita cienkiego jedynie w przypadku kwasu propionowego u prosiąt otrzymujących badane kwasy (odpowiednio 0,03 i 0,33 $\mu\text{mol/g}$ treści). W jelicie ślepym istotne różnice stwierdzono w zawartości kwa-

su octowego, która w grupie kontrolnej (C) była najwyższa, ale różnica była istotna ($P < 0,01$) jedynie w porównaniu do grupy z kwasem kaprylowym. W jelicie ślepym wystąpiła też tendencja do wyższej zawartości kwasów izowalerianowego i izomasłowego. Wymienione różnice nie miały istotnego wpływu na całkowitą zawartość kwasów w obu tych odcinkach przewodu pokarmowego.

Tabela 4. Kwasowość treści żołądka i poszczególnych części jelit oraz zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA) w treści ($\mu\text{mol/g}$ treści)

Table 4. Acidity of digesta in the stomach and in various parts of intestines and short chain fatty acid (SCFA) content of piglets' chyme ($\mu\text{mol/g}$ of chyme)

	Grupa kontrolna (C) Control group (C)	GT	GT+C8	GT+C10	Wartość P P-value	SEM ¹
1	2	3	4	5	6	7
Kwasowość treści Acidity of digesta						
Żołądek Stomach	2,99	2,45	2,31	2,93	0,051	0,108
Dwunastnica Duodenum	5,97 ABb	6,17 Bb	5,95 ABb	5,56 Aa	<0,001	0,061
Jelito czcze Jejunum	5,70	5,81	5,40	5,79	0,182	0,075
Jelito ślepe Caecum	5,38 ABb	5,49 Bb	5,12 Aa	5,35 ABab	0,001	0,038
Okreźnica Colon	5,90 Bb	5,57 ABb	5,38 Aa	5,43 Aa	<0,001	0,050
Zawartość lotnych kwasów tłuszczowych w treści jelita czczego i ślepego Volatile fatty acid content of jejunum and caecum chyme						
Jelito czcze – Jejunum						
octowy acetic	9,09	10,14	13,29	12,23	0,189	0,758
propionowy propionic	0,17 ABab	0,10 ABa	0,03 Aa	0,33 Bb	0,007	0,035
izomasłowy isobutyric	0,88	0,76	0,78	1,06	0,631	0,086
masłowy butyric	0,12	0,07	0,19	0,12	0,724	0,035
izowalerianowy isovaleric	0,03	0,00	0,33	0,02	0,299	0,070
walerianowy valeric	0,02	0,04	0,01	0,01	0,337	0,007
Razem Total	10,30	11,11	14,63	13,78	0,230	0,861

cd. tabeli 4 – Table 4 contd.

1	2	3	4	5	6	7
Jelito ślepe – Caecum						
octowy acetic	45,59 Bb	35,53 ABa	32,16 Aa	36,72 ABab	0,004	1,471
propionowy propionic	36,58	39,86	42,98	37,12	0,283	1,289
izomasłowy isobutyric	1,86	2,44	2,65	2,88	0,082	0,147
masłowy butyric	21,19	19,70	21,48	18,28	0,409	0,737
izowalerianowy isovaleric	0,38	0,43	0,26	0,50	0,078	0,034
walerianowy valeric	4,91	5,47	5,07	4,10	0,476	0,308
Razem Total	110,51	103,42	104,59	99,59	0,444	2,342

¹SEM – błąd standardowy średniej – Standard error of the mean.

C – kontrola; GT – glutamina; GT+C8 – glutamina + kwas kaprylowy; GT+C10 – glutamina + kwas kaprynowy.

C – control diet; GT+C8 – glutamine + caprylic acid; GT+C10 – glutamine + capric acid.

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$ (A, B); lub $P \leq 0,05$ (a, b).

Mean values in the same row with different letters differ significantly at $P \leq 0.01$ (A, B) or $P \leq 0.05$ (a, b).

Tabela 5. Struktura błony śluzowej nabłonka jelita czczego

Table 5. Mucosal epithelium structure of the jejunum

	Grupa kontrolna (C) Control group (C)	GT	GT+C8	GT+C10	Wartość P P-value	SEM ¹
Wysokość kosmków (μm) Villus height (μm)	346	340	354	339	0,908	7,402
Szerokość kosmków (μm) Villus width (μm)	158 A	158 A	134 A	186 B	0,003	5,449
Głębokość krypt (μm) Crypt depth (μm)	358	340	343	334	0,490	5,473
Wysokość kosmków/ /głębokość krypt Villus height/crypt depth	0,974	1,004	1,031	1,018	0,856	0,023

¹SEM – błąd standardowy średniej – Standard error of the mean.

C – kontrola; GT – glutamina; GT+C8 – glutamina + kwas kaprylowy, GT+C10 – glutamina + kwas kaprynowy.

C – control diet; GT+C8 – glutamine + caprylic acid; GT+C10 – glutamine + capric acid.

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$ (A, B); lub $P \leq 0,05$ (a, b).

Mean values in the same row with different letters differ significantly at $P \leq 0.01$ (A, B) or $P \leq 0.05$ (a, b).

Zastosowane dodatki nie miały istotnego wpływu na strukturę nabłonka jelita cienkiego (tab. 5). Jedynie szerokość kosmyków była istotnie wyższa ($P < 0,01$) w nabłonku prosiąt otrzymujących glutaminę i kwas kaprynowy.

Omówienie wyników

Wyniki doświadczeń nad zastosowaniem glutaminy jako dodatku do paszy dla prosiąt nie są jednoznaczne. Podczas gdy w doświadczeniu Molino i in. (2012) dodatk glutaminy poprawiał przyrosty masy ciała prosiąt, Hsu i in. (2010) nie stwierdzili takiej poprawy. Według Liu i Pena (1999) jednoprocenowy dodatek glutaminy poprawia przyrosty prosiąt w czasie pierwszych dwóch tygodni po odsadzeniu w wieku 28 dni. Uzyskane w badaniach wyniki są zgodne z tą ostatnią opinią. Prosięta otrzymujące glutaminę rosły szybciej tylko na początku doświadczenia. Podobne wyniki otrzymali również Domeneghini i in. (2004), według których poprawa przyrostów prosiąt ma miejsce tylko na początku doświadczenia, ale później różnice zostają wyrównane i masa ciała prosiąt nie różni się istotnie. Najprawdopodobniej wynika to z faktu, że zaraz po odsadzeniu prosięta muszą zaadaptować się do nowych stresujących warunków powodujących zahamowanie wzrostu (Lallés i in., 2004), a zatem wpływ glutaminy, która zapobiega negatywnym zmianom w przewodzie pokarmowym jest najsilniejszy właśnie w tym okresie (Ewtushick i in., 2000).

Kwasy organiczne są od lat stosowane jako dodatki paszowe, ograniczają rozwój bakterii w paszy i poprawiają przyrosty zwierząt. W doświadczeniu Partanena i in. (2007) kwas mrówkowy i propionowy zmniejszyły populację bakterii *E. coli* i *Salmonella* sp., poprawiając przyrosty prosiąt. W żywieniu młodych zwierząt średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe (MCFA) są szczególnie obiecujące, ponieważ są mniej zależne od enzymów i mogą być wykorzystywane przez organizm szybko i efektywnie (Chiang i in., 1990). Pozytywny wpływ tych kwasów stwierdzono również we wcześniejszym doświadczeniu (Hanczakowska i in., 2011), w którym kwas kaprylowy dał nieco lepsze (choć statystycznie nieistotnie) wyniki niż kaprynowy. Także według Cery i in. (1989) kwasy MCFA mają korzystny, choć nieistotny statystycznie, wpływ na przyrosty prosiąt. Co więcej, stosowali oni znacznie wyższe dodatki kwasów (8%). W tym doświadczeniu działanie kwasów, szczególnie w początkowym okresie, było negatywne. Być może zaraz po odsadzeniu kwasy w jakimś stopniu blokują korzystne działanie glutaminy, a później brak takiej zależności, na co wskazuje brak różnic w trzecim okresie.

Obniżenie masy (ale nie długości) jelit prosiąt pod wpływem dodatku glutaminy do paszy stwierdzono we wcześniejszym doświadczeniu (Hanczakowska i in., 2014). W przedstawianym doświadczeniu efekt ten był nieistotny statystycznie. Zmiany te są niezgodne ze zmianami stwierdzonymi przez Wanga i in. (2008), według których masa jelita cienkiego wzrastała po zastosowaniu dodatku glutaminy. W ich doświadczeniu jednak prosięta były wcześniej odsadzane (w 21. dniu życia), a jelita badane też znacznie wcześniej niż w badaniach własnych. Według Hou i in. (2006) glutamina działa najaktywniej w pierwszych dwóch tygodniach po odsadzeniu, a więc 60. dzień życia był prawdopodobnie zbyt późny dla stwierdzenia takiej zależności.

W dostępnej literaturze nie znaleziono danych na temat wpływu MCFA na masę i długość jelit. We wcześniejszym doświadczeniu stwierdzono, że kwas masłowy wyraźnie zwiększył długość jelita krętego (Hanczakowska i in., 2014). W przedstawianym doświadczeniu wpływ kwasów zaznaczył się zwłaszcza w dwunastnicy. Było to najprawdopodobniej skutkiem małej dawki tego dodatku użytej w doświadczeniu. Kwasy zostały zaabsorbowane w dwunastnicy i nie działały bezpośrednio w dalszych partiach jelit. Z drugiej strony, według Kotunii i in. (2004) szybki przepływ treści przez tę część przewodu pokarmowego ogranicza możliwość zmian anatomicznych. Ten pogląd nie potwierdził się jednak w tym doświadczeniu.

Zarówno glutamina jak i zastosowane kwasy nie miały istotnego wpływu na zawartość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA) w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego, co jest zgodne z wynikami Hanczakowskiej i in. (2014) i najprawdopodobniej również wynikało z niskiej dawki dodatków. Zawartość kwasów w jelicie ślepych była wielokrotnie wyższa niż w jelicie cienkim, co jest zjawiskiem normalnym, ponieważ jelito ślepe jest głównym miejscem fermentacji bakteryjnej, w którym niestrawione składniki pokarmowe są rozkładane do kwasów organicznych. Nyachoti i in. (2006) stwierdzili wzrost zawartości kwasu octowego z 0,907 mmol/L w dwunastnicy do 70,29 mmol/L w końcowych partiach jelita cienkiego.

Brak różnic w wysokości kosmków w nabłonku jelita czczego nie jest zgodny z wcześniejszymi badaniami Hanczakowskiej i in. (2011), w których kwas kaprynowy istotnie zwiększył wysokość kosmków i głębokość krypt. W tym doświadczeniu istotnej zmianie uległa natomiast szerokość kosmków. Różnice te mogły wynikać z różnic w składzie paszy, gdyż w cytowanym wyżej doświadczeniu stosowano oprócz pszenicy i jęczmienia, pszenżyto i olej rzepakowy, podczas gdy w obecnym doświadczeniu głównymi zbożami była pszenica i jęczmień. Według Dibnera i Buttina (2002) takie rozbieżności w wynikach mogą być rezultatem różnic w składzie paszy, środowiska, w którym przeprowadza się doświadczenia oraz składu mikroflory jelitowej.

Podsumowując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że dodatek glutaminy do paszy dla prosiąt istotnie poprawia przyrosty w pierwszym okresie odchowu, jednak później przyrosty się wyrównują. Dodatek średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych do paszy z glutaminą nie poprawia wskaźników odchowu prosiąt.

Piśmiennictwo

- Anadón A. (2006). The EU ban of antibiotics as feed additives: alternatives and consumer safety. *J. Vet. Pharm. Therap.*, 29: 41–44.
- AOAC (1995). Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. 16th Edition, Arlington VA, USA.
- Bailey M., Haverson K., Inman C., Harris C., Jones P., Corfield G., Miller B., Stokes C. (2005). The development of the mucosal immune system pre- and post-weaning: balancing regulatory and effect on function. *Proc. Nutr. Soc.*, 64: 451–457.
- Cera K.R., Mahan D.C., Reinhart G.A. (1989). Postweaning swine performance and serum profile responses to supplemental medium-chain free fatty acids and tallow. *J. Anim. Sci.*, 67: 2048–2055.

- Chiang S.H., Pettigrew J.E., Clarke S.D., Cornelius S.G. (1990). Limits of medium-chain and long-chain triacylglycerol utilization by neonatal piglets. *J. Anim. Sci.*, 68: 1632–1638.
- Dibner J.J., Buttin P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *J. Appl. Poultry Res.*, 11: 453–463.
- Domeneghini C., Di Giancamillo A., Savoini G., Paratte R., Bontempo V., Dell'Orto V. (2004). Structural patterns of swine ileal mucosa following L-glutamine and nucleotide administration during the weaning period. An histochemical and histometrical study. *Histol. Histopathol.*, 19: 49–58.
- Ewtushick A.L., Bertolo R.F.P., Ball R.O. (2000). Intestinal development of early-weaned piglets receiving diets supplemented with selected amino acids or polyamines. *Can. J. Anim. Sci.*, 80: 653–662.
- Hanczakowska E., Szewczyk A., Okoń K. (2011). Effects of dietary caprylic and capric acid on piglet performance and mucosal epithelium structure of ileum. *J. Anim. Feed. Sci.*, 20: 556–565.
- Hanczakowska E., Niwińska B., Grela E.R., Węglarzy K., Okoń K. (2014). Effect of dietary glutamine, glucose and/or sodium butyrate on piglet growth, intestinal environment, subsequent fattener performance, and meat quality. *Czech J. Anim. Sci.*, 59: 460–470.
- Hoffmann L., Schiemann R. (1980). Von der Kalorie zum Joule: Neue Größenbeziehungen bei Messung des Energieumsatzes und bei der Berechnung von Kennzahlen der energetischen Futterbewertung. *Arch. Tierernährung*, 30: 733–742.
- Hsu C.B., Huang H.J., Wang C.H., Yen H.T., Yu B. (2010). The effect of glutamine supplement on small intestinal morphology and xylose absorptive ability of weaned piglets. *African J. Biotechnol.*, 9: 7003–7008.
- Kotunia A., Woliński J., Laubitz D., Jurgowska M., Romé V., Guilloteau P., Zabielski R. (2004). Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglets fed by artificial sow. *J. Physiol. Pharmacol.*, 55 (Suppl. 2): 59–68.
- Lallés J-P., Boudry G., Favier C., Le Floc'h N., Luron I., Montagne L., Oswald I.P., Pie S., Piel C., Séve B. (2004). Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Anim. Res.*, 53: 301–316.
- Liu T., Pen J. (1999). Effects of glutamine and glutamic acid on growing performance of weaning piglets. *Acta Agri. Univ. Huangzhong*, 18: 457–460.
- Molino J.P., Donzele J.L., de Oliveira R.F.M., Saraiva A., Haese D., Fortes E.I., de Souza M.F. (2012). L-glutamine and L-glutamate in diets with different lactose levels for piglets weaned at 21 days of age. *R. Bras. Zootec.*, 41: 98–105.
- Newsholme P., Lima M.M.R., Procopio J., Pithon-Curi T.C., Doi S.Q., Bazotte R.B., Curi R. (2003). Glutamine and glutamate as vital metabolites. *Brazil. J. Med. Biol. Res.*, 36: 153–163.
- Nyachoti C.M., Omogbenigun F.O., Rademacher M., Blank G. (2006). Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 84: 125–134.
- Partanen K., Siljander-Rasi H., Pentikäinen J., Pelkonen S., Fossi M. (2007). Effects of weaning age and formic acid-based feed additives on pigs from weaning to slaughter. *Arch. Anim. Nutr.*, 61: 336–356.
- Séve B., Reeds P.J., Fuller M.F., Cadenhead A., Hay S.M. (1986). Protein synthesis and retention in some tissues of the young pig as influenced by dietary protein intake after early-weaning. *Reprod. Nutr. Dev.*, 26: 849–861.
- Skrivanová E., Molatová Z., Skrivanová V., Marounek M. (2009). Inhibitory activity of rabbit milk and medium-chain fatty acids against enteropathogenic *Escherichia coli* O128. *Vet. Microbiol.*, 135: 358–362.
- Thacker P.A. (1999). Nutritional requirements of early weaned pigs: a review. *Pig News Info*, 20: 13N–24N.
- Wang J., Chen L., Li P., Li X., Zhou H., Wang F., Li D., Yin Y., Wu G. (2008). Gene expression is altered in piglet small intestine by weaning and dietary glutamine supplementation. *J. Nutr.*, 138: 1025–1032.
- Zhong X., Zhang X.H., Li X.M., Zhou Y.M., Li W., Huang X.X., Zhang L.L., Wang T. (2011). Intestinal growth and morphology is associated with the increase in heat shock pro-

tein 70 expression in weaning piglets through supplementation with glutamine. *J. Anim. Sci.*, 89: 3634–3642.

Zatwierdzono do druku 25 VII 2016

EWA HANCZAKOWSKA, MAŁGORZATA ŚWIĄTKIEWICZ

The effect of dietary glutamine and medium chain fatty acids (MCFA) on piglet productivity, chyme environment and structure of the digestive tract

SUMMARY

The experiment was performed to examine possible synergetic effect of glutamine and medium chain fatty acids on piglet body weights and chyme acidity and structure of their digestive tracts. A total of 164 piglets were allocated to one of four groups: I – fed with the standard mixture, II – fed the same mixture supplemented with 2% of glutamine, III and IV – fed this mixture with glutamine and 0.3% of caprylic (C8) or capric acid (C10), respectively. After 60 days 6 piglets from each group were slaughtered and their digestive tracts were prepared. Mass and length of intestines, structure of small intestine epithelium, chyme acidity and SCFA content of small intestine and caecum were measured.

Glutamine supplement significantly improved piglet body weight gains in the first period of the experiment (up to 28th day). In this period weight gains of piglets receiving acids were lower than those fed with glutamine alone. These differences decreased in the second period (28–56 days) and vanished in the last period (56–70 days). There was no difference in feed conversion. Despite some differences in particular parts of digestive tract (especially duodenum) total results did not differ. There was also no difference in the total content of SCFA in the intestines. The only difference in structure of intestine epithelium was greater width of villi in piglets receiving capric acid. Results show that glutamine improved piglet body weight gains at the beginning of rearing but additional supplement of medium chain fatty acids had no further positive effects.

Key words: glutamine, caprylic acid, capric acid, piglets, chyme, intestine structure