

## KRÓTKO- I ŚREDNIOŁAŃCUCHOWE KWASY TŁUSZCZOWE W ŻYWIENIU PROSIĄT

Ewa Hanczakowska, Agnieszka Szewczyk

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,  
32-083 Balice k. Krakowa

*Kwasy tłuszczowe to związki organiczne zawierające łańcuch węglowodorowy i grupę karboksylową (COOH) na końcu łańcucha. Wchodzą one w skład tłuszczów jako estry z glicerolem. Własności kwasów tłuszczowych zależą głównie od ilości atomów węgla i z tego punktu widzenia możemy podzielić je na krótkołańcuchowe (mniej niż 6 atomów węgla), średniołańcuchowe (od 6 do 12 atomów) i długołańcuchowe, zawierające więcej niż 12 atomów węgla. Większość naturalnych tłuszczów roślinnych i zwierzęcych zawiera głównie kwasy o 18 węglach (kwas stearynowy i pochodne) i 16 węglach (kwas palmitynowy), natomiast kwasy o krótszym łańcuchu są składnikami tłuszczu mleka.*

### **Kwasy krótkołańcuchowe**

Kwasy tłuszczowe o krótkim łańcuchu węglowym SCFA (Short Chain Fatty Acids) używane są od lat jako zakwaszacze lub konserwanty pasz. Mają one silne działanie antybakteryjne i przeciwrzybiczne, dzięki czemu mogą poprawiać przyrosty masy ciała świń (Partanen i Mroz, 1999). Ochrona, jaką dają zakwaszacze, jest szczególnie ważna w przypadku prosiąt, zwłaszcza w najniebezpieczniejszym dla nich okresie, tj. po odsadzeniu (Roth i Kirchgessner, 1998). Przewód pokarmowy wcześniej odsadzonych prosiąt nie jest dojrzały pod względem morfologicznym i nie działa w pełni sprawnie. Żołądek nie wydziela wystarczającej ilości kwasu solnego mogącego utrzymać pH na właściwym poziomie gwarantującym pełną aktywność pepsyny i chroniącym przed zakażeniem bakteryjnym. Zaburzenia równowagi mikroflory jelitowej są główną przyczyną występowania biegunek u młodych zwierząt (Simon i in., 2001).

Obniżenie pH treści przewodu pokarmowego sprzyja rozwojowi bakterii fermentacji mlekowej równocześnie hamując rozwój bakterii szkodliwych, co wpływa na ograniczenie ich metabolitów, na przykład amoniaku i amin. Zapobiega również efektowi buforowania paszy w początkowym odcinku przewodu pokarmowego i ogranicza wzrost niepożądaną mikroflorę (*E. coli*, *Clostridium*), tym samym ograniczając występowanie biegunek oraz śmiertelność prosiąt.

Tsiloyiannis i in. (2001) porównywali działanie kwasów organicznych, m.in. kwasu mrówkowego i propionowego na bakterie *Escherichia coli*, z działaniem antybiotyków paszowych. Wszystkie kwasy dały pozytywny efekt, wobec czego autorzy proponują użycie ich jako zamiennika antybiotyków. Jednak w naszych badaniach (nieopublikowanych) mieszanka kwasów mrówkowego i propionowego działając mocno bakterioobójczo na *Clostridium perfringens* nie zredukowała istotnie populacji *E. coli*.

SCFA dodane nawet do paszy w niewielkiej ilości niezminiającej pH w przewodzie pokarmowym mają działanie antibakteryjne (Canibe i in., 2001). Wskazuje to na istnienie mechanizmu niezależnego wprost od kwasowości środowiska. Kwasy organiczne są rozpuszczalne w tłuszczach w formie niezdysoncjowanej, w której mogą wnikać do wnętrza komórki bakteryjnej. Tam pod wpływem enzymów następuje dysoncjacja kwasu, a powstałe jony niszczą strukturę komórki powodując jej śmierć (Ricke, 2003). Z drugiej strony bakterie probiotyczne, np. bakterie kwasu mlekowego mogą prawidłowo rozwijać się w obecności kwasów. Najprawdopodobniej można to wyjaśnić ich wysokim śródkomórkowym stężeniem potasu, który przeciwdziała aktywności powstałych anionów (Russel i Diez-Gonzales, 1998).

Poza działaniem antibakteryjnym, krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe mogą dostarczać prosiętom energii zużywanej głównie na procesy przebudowy nabłonka jelitowego (Topping i Clifton, 2001), np. kwas masłowy ( $C_4$ ) jest źródłem energii dla kolonocytów, a kwas propionowy ( $C_3$ ) jest substratem dla wielu procesów metabolicznych. Hamuje on syntezę cholesterolu obniżając jego poziom we krwi (Wong i in., 2006). Kwasy krótkołańcuchowe produkowane są przez florę bakteryjną w jelicie grubym i mogą mieć, zwłaszcza kwas masłowy i propionowy, korzystny wpływ na nabłonek, dzięki lepszemu odżywieniu jego komórek (Scheppach i in., 1992). Jednak ze względu na słaby rozwój mikroflory kwasy te wytwarzane są u bardzo młodych prosiąt w niewielkiej ilości (Murray i in., 1987). Nie mają więc istotnego wpływu na nabłonek, ale wchłaniane są do krwioobiegu i mogą brać udział w przemianach metabolicznych. W przeciwieństwie do kwasów podawanych w paszy nie wpływają więc na zmiany we wcześniejszych odcinkach przewodu pokarmowego.

Kwasem tłuszczowym, któremu poświęca się w ostatnich latach dużo uwagi, jest kwas masłowy. Nie jest w tym przypadku ważne jego działanie antibakteryjne, ale wpływ na budowę nabłonka jelit przewodu pokarmowego i działanie prozdrowotne, zwłaszcza na układ krążenia (Ranganna i in., 2005). Kwas masłowy produkowany jest głównie przez bakterie w okrężnicy, również u prosiąt (Kien i in., 2000), jednak prawie całkowicie wykorzystywany jest na miejscu, najprawdopodobniej do ochrony przed nadmierną proliferacją komórek, prowadzącą do nowotworu (Ranganna i in., 2005). Tak więc tylko jego niewielka część dostaje się do krwioobiegu i dostępna jest dla innych procesów fizjologicznych. Drugim miejscem produkcji tego kwasu jest gruczoł mlekowy (Smith i German, 1995), a jego zawartość w mleku wynosi około 10% tłuszczu całkowitego.

Obecnie brak jest jednolitego poglądu na wpływ kwasu masłowego na budowę nabłonka jelita cienkiego. Według Kotuni i in. (2004) oraz Wanga i in. (2005) dodatek maślanu sodu do paszy dla prosiąt powoduje wydłużenie kosmków w jelicie cienkim. Powinno to znaleźć odbicie w lepszych przyrostach prosiąt, ponieważ kosmki

jelitowe są miejscem wchłaniania składników pokarmowych. Biagi i in. (2007) nie stwierdzili jednak zmian w długości kosmków ani lepszych przyrostów prosiąt po dodaniu maślanu. Podobne wyniki otrzymali również Weber i Kerr (2008). Można mieć nadzieję, że problem ten wyjaśni się w trakcie dalszych badań.

### **Kwasy średniołańcuchowe**

Przedstawiciele tej grupy kwasów to przede wszystkim kwasy: kapronowy ( $C_6$ ), kaprylowy ( $C_8$ ), kaprynowy ( $C_{10}$ ) i laurynowy ( $C_{12}$ ). Kwasy te określa się zazwyczaj angielskim skrótem MCF lub MCFA (Medium Chain Fatty Acids). Istnieją również kwasy o nieparzystej liczbie atomów węgla, np. kwas enantowy ( $C_7$ ) i kwas pelargonowy ( $C_9$ ), które nie mają jednak praktycznego znaczenia. Kwasy te mogą być pobierane przez zwierzęta jako estry z glicerolem, czyli triacylglicerole – MCT (Medium Chain Triacylglycerols). Ich cząsteczki są mniejsze niż cząsteczki triacylgliceroli długołańcuchowych kwasów tłuszczowych, dzięki czemu proces ich hydrolizy jest szybki, bardziej energooszczędny i nie wymaga obecności wszystkich enzymów biorących normalnie udział w metabolizmie tłuszczów. Według Odle i in. (1994) młode prosięta, u których gruczoły wydzielające enzymy trawienne są jeszcze w toku rozwoju, sprawnie trawią i absorbują MCT. Triacylglicerole zawierające kwas kapronowy są trawione najszybciej.

Średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe mogą być absorbowane bezpośrednio z jelita cienkiego do krwioobiegu w formie niezestryfikowanej, a następnie transportowane do wątroby, gdzie w mitochondriach zachodzi ich szybka oksydacja z wydzielaniem znacznej ilości energii. Proces ten nie wymaga obecności karnityny niezbędnej do utleniania wyższych kwasów tłuszczowych (Papamandjaris i in., 1998). Uzyskana energia może być wykorzystana przez młody organizm do syntezy białek, a co za tym idzie do szybszego rozwoju tkanek. Ten szlak metaboliczny sprawia, że MCFA nie tworzą materiału zapasowego jak wyższe kwasy tłuszczowe, ale zachowują się jak węglowodany dostarczając szybko znacznych ilości energii (Fushiki i in., 1995).

Wykorzystanie MCT w znacznym stopniu zależy od długości łańcucha węglowego kwasów. Wiele danych wskazuje, że prosięta najlepiej trawią i najszybciej wchłaniają triacylglicerole zawierające kwas kapronowy (Odle, 1997; Wieland i in., 1993). Emulgacja przyspiesza trawienie i wchłanianie MCFA, ale w tym przypadku istnieje niebezpieczeństwo wzrostu zawartości tych kwasów we krwi aż do poziomu zagrażającego zdrowiu i życiu prosiąt (Wieland i in., 1993).

Straarup i in. (2006) badali w doświadczeniu na prosiętach wpływ podawania triacylgliceroli o zmienionej strukturze, zawierających kwas kaprynowy w pozycjach sn-1 i 3 (czyli przy skrajnych grupach hydroksylowych glicerolu) i z długołańcuchowym kwasem w pozycji sn-2 na skład tłuszczu odkładanego w tkankach. Zmienione triacylglicerole porównywali z olejem rzepakowym. Stwierdzili oni, że profil odłożonych kwasów tłuszczowych odzwierciedlał profil badanych tłuszczów z wyjątkiem kwasu kaprynowego, który był utleniany dostarczając energii do syntezy białka. Według Carvajala i in. (2000) pozycja, w jakiej kwas średniołańcuchowy związany jest w cząsteczce glicerolu, ma wpływ na ogólną absorpcję tłuszczu: MCFA w pozycji 1 lub 3 (co zważywszy na budowę cząsteczki glicerolu jest równoważne), w przeciwieństwie do pozycji 2, zwiększa absorpcję tłuszczu, zwłaszcza długołańcuchowych

nasyconych kwasów tłuszczowych. Zdaniem Nagaty i in. (2003) produkcja triacylgliceroli z odpowiednimi kwasami tłuszczowymi, w specyficznych pozycjach 1 i 3 lub 2 w cząsteczce może prowadzić do otrzymania lipidów zapobiegających chorobom cywilizacyjnym, takim jak hiperlipidemia czy otyłość, dostarczając aktywnych fizjologicznie kwasów tłuszczowych.

Istnieje również zależność między średniołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi a produkcją greliny przez komórki sekrecyjne (endokryjne) żołądka (Nishi i in., 2005). Po pobraniu z pokarmem, część średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych wchłaniana jest przez błonę śluzową żołądka. Syntetyzowane w organizmie MCFA mają z kolei zdolność dyfundowania do komórek żołądka, gdzie następnie aktywują grelinę. Jednymi z bardziej reaktywnych rodników kwasowych są: acyl kwasu dekanowego (kaprynowego), 10 węglowego nasyconego kwasu tłuszczowego ( $C_{10}$ ) oraz 10 węglowego kwasu tłuszczowego zawierającego jedno podwójne wiązanie ( $C_{10:1}$ ) (Hosoda i in., 2000., Kaiya i in., 2001, 2002).

Doświadczenie Nishi i in. (2005) wykazało, że po podawaniu myszom diety bogatej w triacylgliceryd kwasu heptanowego ( $C_7$ ), którego endogennie ssaki nie produkują, wzrosła koncentracja n-heptanylu greliny w żołądku zwierząt doświadczalnych. Nie wykazano natomiast takiej zależności między długołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi a opisywanym hormonem.

Grelinę ma korzystny wpływ na młody organizm, przyspiesza wzrost i rozwój zwierząt zarówno po urodzeniu, jak i w okresie prenatalnym. Stąd pozytywny wpływ MCFA i MCT podawanych w paszy dla ciężarnych i młodych zwierząt. Azain (1993) badał wpływ kwasów średnio- i długołańcuchowych podawanych lochom w okresie laktacji na zdrowotność prosiąt. Prosięta pochodzące od matek otrzymujących w paszy kwasy średniołańcuchowe rzadziej zapadały na choroby bakteryjne i wirusowe, a śmiertelność była w tej grupie o 36% mniejsza.

MCFA jako źródło łatwo dostępnej energii, również dzięki aktywności bakterio-bójczej mogłyby być stosowane w żywieniu prosiąt zamiast wycofanych antybiotyków paszowych. Działanie bakterio-bójcze i bakterio-statyczne opiera się na dwóch mechanizmach. Pierwszym z nich jest obniżenie pH paszy poniżej poziomu optymalnego dla rozwoju bakterii, drugim jak w przypadku kwasów krótkołańcuchowych przenikanie do wnętrza komórki w formie niezdisocjowanej. Dysocjacja i obniżenie pH następuje wewnątrz komórki. Mikroorganizmy dążąc do utrzymania odczynu obojętnego zużywają znaczne ilości energii, co powoduje ograniczenie syntezy białek i w efekcie śmierć komórki (Ricke, 2003). MCFA ograniczają rozwój bakterii z rodzajów *Clostridium* (Dierick i in., 2002), *Salmonella* (Skřivanova i in., 2006) i *Escherichia* (Marounek i in., 2003).

Jedną z najmniejbezpiecznych bakterii atakujących przewód pokarmowy prosiąt jest *Clostridium perfringens*. Typ C tej bakterii jest przyczyną występowania krwawych biegunek u młodych prosiąt oraz nekrozy komórek nabłonka jelitowego, często prowadzących do śmierci (Songer i Uzal, 2005). Typ ten jest jednak stosunkowo rzadko spotykany, o wiele częstszy jest typ A będący normalnym składnikiem flory bakteryjnej przewodu pokarmowego świń. Również on może być przyczyną chorób u nowonarodzonych, a także odsadzonych prosiąt. W przeprowadzonych przez nas badaniach (Szewczyk i Hanczakowska, 2007) stwierdziliśmy wysokoistotny spadek

ilości *Clostridium perfringens* po podaniu prosiętom kwasu kaprylowego lub kapronowego. Ponieważ jednak prosięta w grupie kontrolnej również były zdrowe, można sądzić, że mieliśmy do czynienia z mniej szkodliwą formą tej bakterii.

Batovska i in. (2009) badali antybakteryjne działanie średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych i ich 1-monoacylgliceroli (w tym przypadku tylko jedna grupa hydroksylowa glicerolu w pozycji 1 była zestryfikowana kwasem) na mikroorganizmy z rodzajów *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Listeria* i *Streptococcus*. Okazało się, że istnieje tu synergizm działania: monoacylglicerole zawierające kwasy laurynowy lub kaprynowy wzmacniały działanie czystego kwasu laurynowego, który był mało aktywny. Podobne doświadczenie przeprowadzili również Bergsson i in. (2001) stwierdzając wysoką aktywność monoacylglicerolu zawierającego kwas kaprynowy w pozycji 1 przeciw *Staphylococcus aureus*. Komórki bakterii ginęły na skutek zniszczenia błony komórkowej.

Bakteriobójcze działanie kwasów uzależnione jest od pH treści przewodu pokarmowego. W badaniach Skřivanovej i Marounka (2007) aktywność kwasu kaprynowego przeciw *Escherichia coli* była niska przy pH 6.5 i rosła przy pH 5.3.

Inną ważną właściwością średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych jest ich zdolność pobudzania procesów rozwojowych nabłonka jelita cienkiego. Na stres odsadzenia prosięta reagują m. in. głębokimi zmianami w budowie anatomicznej tego nabłonka (Skrzypek i in., 2005). Kosmki stanowiące część nabłonka i będące miejscem wchłaniania składników pokarmowych w jelicie cienkim ulegają znacznej redukcji, zwłaszcza w rejonie dwunastnicy. Marion i in. (2002) stwierdzili, że u prosiąt w trzecim dniu po odsadzeniu wysokość kosmków uległa 59% redukcji w porównaniu do wysokości przed odsadzeniem, a masa nabłonka jelita cienkiego zmniejszyła się o 55%. W okresie tym obserwuje się wzmożoną apoptozę enterocytów. Prawdopodobną przyczyną obumierania enterocytów jest niedostateczna podaż tlenu i substancji odżywczych z krwią, co wiąże się z deficytem energii (Mohsen i in., 2006). Być może wydajne źródło łatwo przyswajalnej energii, jakim są kwasy średniołańcuchowe, ma wpływ na wzrost długości kosmków jelitowych stwierdzony przez Diericka i in. (2002) oraz związaną z tym poprawę wskaźników produkcyjnych prosiąt.

W Instytucie Zootechniki przeprowadzono badania nad wykorzystaniem średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych: kaprylowego i kapronowego w żywieniu prosiąt. Ich działanie porównywano z działaniem stosowanych powszechnie zakwaszaczy, tj. kwasu fumarowego i mieszaniny kwasów mrówkowego i propionowego. Wyniki trzech przeprowadzonych doświadczeń dowiodły pozytywnego wpływu MCFA na spadek ilości upadków prosiąt oraz na wskaźniki odchowu. Poprawie uległa także pozorna strawność białka i włókna paszy. Korzystne zmiany stwierdzono w nabłonku jelita cienkiego, którego kosmki uległy wydłużeniu, zwłaszcza pod wpływem kwasu kaprylowego. Bakteriobójcze działanie kwasów było jednak, jak już wspomniano, stosunkowo słabe.

Podsumowując omówione badania można stwierdzić, że zarówno wolne średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, jak też ich estry z glicerolem mają działanie bakteriobójcze, a także wpływają stymulująco na wzrost zwierząt, zwłaszcza młodych. Ten stymulujący wpływ może być wynikiem ograniczenia wzrostu bakterii patogennych oraz zmian w budowie nabłonka jelita cienkiego.

## Piśmiennictwo

- Azain M. (1993). Effects of adding medium chain triglycerides to sow during late gestation and early lactation on litter performance. *J. Anim. Sci.*, 71: 3011–3019.
- Batovska D.I., Todorova I.T., Tsvetkova I.V., Najdenski H.M. (2009). Antibacterial study of medium chain fatty acids and their 1-monoglycerides: individual effects and synergistic relationship. *Pol. J. Microbiol.*, 58: 43–47.
- Bergsson G., Arnfinnsson J., Steingrimsón O., Thormar H. (2001). Killing of Gram-positive cocci by fatty acids and monoglycerides. *APMIS*, 109: 670–678.
- Biagi G., Piva A., Moschini M., Vezzali E., Roth F.X. (2007). Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate. *J. Anim. Sci.*, 85: 1184–1191.
- Canibe N., Steien S.H., Øverland M., Jensen B.B. (2001). Feed physical form and formic acid addition to the feed affect the gastrointestinal ecology and growth performance of growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 79: 2123–2133.
- Carvajal O., Nakayama M., Kishi T., Sato M., Ikeda I., Sugano M., Imaizumi K. (2000). Effect of medium-chain fatty acid positional distribution in dietary triacylglycerol on lymphatic lipid transport and chylomicron composition in rats. *Lipids*, 35: 1345–1351.
- Dierick N.A., Decuyper J.A., Molly K., Van Beek E., Vanderbeke E. (2002). The combined use of triacylglycerols (TAGs) containing medium chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglet nutrition. II. *In vivo* release of MCFAs in gastric cannulated and slaughtered piglets by endogenous and exogenous lipases; effects on the luminal gut flora and growth performance. *Livest. Prod. Sci.*, 75: 129–142.
- Fushiki T., Matsumoto K., Inoue K., Kawada T., Sugimoto E. (1995). Swimming endurance capacity of mice is increased by consumption of medium-chain triglycerides. *J. Nutr.*, 125: 531–539.
- Hosoda H., Kojima M., Matsuo H., Kangawa K. (2000). Purification and characterization of rat des-Gln<sup>14</sup> – ghrelin, a second endogenous ligand for the growth hormone secretagogue receptor. *J. Biol. Chem.*, 275: 21995 – 22000
- Kaiya H., Kojima M., Hosoda H., Koda A., Yamamoto K., Kitajima Y., Matsumoto M., Minamitake Y., Kikuyama S., Kangawa K. (2001). Bullfrog ghrelin is modified by n-octanoic acid at its third threonine residue. *J. Biol. Chem.*, 276 (44): 40441–40448.
- Kaiya H., Van Der Geyten S., Kojima M., Hospoda H., Kitajima Y., Matsumoto M., Geelissen S., Darras V.M., Kangawa K. (2002). Chicken ghrelin: purification, cDNA cloning, and biological activity. *Endocrinology*, 143: 3454–3463.
- Kien C.L., Chang J.C., Cooper J.R. (2000). Butyric acid is synthesized by piglets. *J. Nutr.*, 130, 234–237.
- Kotunia A., Wolinski J., Laubnitz D., Jurkowska M., Rome V., Guilloteau P. (2004). Effect of sodium butyrate on the small intestine development in neonatal piglets fed by artificial sow. *J. Physiol. Pharmacol.*, 55: 59–68.
- Marion J., Biernat M., Thomas F., Savary G., Le Breton Y., Zabielski R., Le Huërou-Luron I., Le Divisich J. (2002). Small intestine growth and morphometry in piglets weaned at 7 days of age. *Reprod. Nutr. Dev.*, 42: 339–354.
- Marounek M., Skřivanova E., Rada V. (2003). Susceptibility of *Escherichia coli* to mC<sub>2</sub> – C<sub>18</sub> fatty acid. *Folia Microb. (Praha)*, 48: 731–735.
- Mohsen T., Stewart S., Annette M., Knowles A., Attaix D., Samuels S. (2006). Effect of energy substrates on protein degradation in isolated small intestinal enterocytes from rats. *J. Parent. Enter. Nutr.*, 30: 497–502.
- Murray R.D., McClung H.J., Li B.U., Ailabouni A. (1987). Short-chain fatty acid profile in the colon of newborn piglets using fecal water analysis. *Pediatr. Res.*, 22: 720–724.
- Nagata J., Kasai M., Watanabe S., Ikeda I., Saito M. (2003). Effects of highly purified structured lipids containing medium-chain fatty acids and linoleic acid on lipid profiles in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 67: 1937–1943.
- Nishi Y., Hiejima H., Hosoda H., Kaiya H., Mori K., Fukue Y., Yanase T., Nawata H., Kangawa K., Kojima M. (2005). Ingested medium-chain fatty acids are directly utilized for the acyl modification of ghrelin. *Endocrinol.*, 146: 2709–2715.
- Odle J. (1997). New insights into the utilization of medium-chain triglycerides by the neonate: observations from a piglet model. *J. Nutr.*, 127: 1061–1067.

- Odle J., Lin X., Wieland T., van Kempen T. (1994). Emulsification and fatty acid chain length affect the kinetics of [ $^{14}C$ ] – medium chain triacylglycerol utilization by neonatal piglets. *J. Nutr.*, 124: 84–93.
- Papamandjaris A., MacDougall D., Jones P. (1998). Medium chain fatty acid metabolism and energy expenditure: obesity treatment implications. *Life Sci.*, 62: 1203–1215.
- Partanen K., Mroz Z. (1999). Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr. Res. Rev.*, 12: 117–145.
- Ranganna K., Yatsu F.M., Hayes B.E. (2005). Butyrate, a small pleiotropic molecule with multiple cellular and molecular actions. *Recent Res. Devel. Mol. Cell. Biochem.*, 2: 123–151.
- Ricke S. (2003). Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Sci.*, 82: 632–639.
- Roth F., Kirchgessner M. (1998). Organic acid as feed additives for young pigs: nutritional and gastrointestinal effects. *J. Anim. Feed Sci.*, 7: 25–35.
- Russel J., Diez-Gonzales F. (1998). The effect of fermentation acids on bacterial growth. *Adv. Microbial Physiol.*, 39: 205–234.
- Scheppach W., Bartram P., Richter A., Richter F., Liepold H., Dusel G., Hofstetter G., Rütthlein J., Kasper H. (1992). Effect of short-chain fatty acids on the human colonic mucosa in vitro. *J. Parenter. Enteral. Nutr.*, 16: 43–48.
- Simon O., Jadamus A., Wahjen W. (2001). Probiotic feed additives – effectiveness and expected modes of action. *J. Anim. Feed Sci.*, 10, Suppl. 1: 51–67.
- Skřivanova E., Marounek M. (2007). Influence of pH on antimicrobial activity of organic acids against rabbit enteropathogenic strain of *Escherichia coli*. *Folia Microbiol.*, 52 (1): 70–72.
- Skřivanova E., Marounek M., Benda V., Brezina P. (2006). Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Veterinarni Med.*, 51: 81–88.
- Skrzypek T., Valverde P.J., Skrzypek H., Woliński J., Kazimierczak W., Szymanczyk S., Pawłowska M., Zabielski R. (2005). Light and scanning microscopy evaluation of the postnatal small intestinal mucosa development in pigs. *J. Physiol. Pharmacol.*, 56, Suppl. 3: 71–87.
- Smith J.G., German J.B. (1995). Molecular and genetic effects of dietary derived butyric acid. *Food Technol.*, 49: 87–90.
- Songer J.G., Uzal F.A. (2005). Clostridial enteric infections in pigs. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 17: 528–536.
- Straarup E.M., Danielsen V., Høy C.E., Jakobsen K. (2006). Dietary structured lipids for post-weaning piglets: fat digestibility, nitrogen retention and fatty acids profiles of tissues. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr. (Berl.)*, 90: 124–135.
- Szewczyk A., Hanczakowska E. (2007). Wpływ zakwaszaczy oraz średnio-łańcuchowych kwasów tłuszczowych na mikroorganizmy zasiedlające jelito cienkie prosiąt. *Mat. konf.: Wkład młodych naukowców w rozwój nauk rolniczych*, Puławy, 23–24.11.2007, ss. 225–230.
- Topping D.L., Clifton P.M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol. Rev.*, 81: 1031–1034.
- Tsiloyiannis V.K., Kyriakis S.C., Vlemmas J., Sarris K. (2001). The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. *Res. Vet. Sci.*, 70: 287–293.
- Wang J.F., Chen X., Wang Z.X., Dong S.H., Lai Z.W. (2005). Effect of sodium butyrate on the structure of small intestine mucous epithelium of weaning piglets. *Chin. J. Vet. Sci. Technol.*, 35: 298–301.
- Weber T.E., Kerr B.J. (2008). Effect of sodium butyrate on growth performance and response to lipopolysaccharide in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, 86: 442–450.
- Wieland T.M., Lin X., Odle J. (1993). Emulsification and fatty-acid chain length affect the utilization of medium-chain triglycerides by neonatal pigs. *J. Anim. Sci.*, 71: 1869–1874.
- Wong J.M., de Souza R., Kendall C.W., Emam A., Jenkins D.J. (2006). Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *J. Clin. Gastroenterol.*, 40: 235–243.

EWA HANCZAKOWSKA, AGNIESZKA SZEWCZYK

**Short- and medium-chain fatty acids in piglet feeding**

## SUMMARY

Short-chain fatty acids, i.e. organic acids with carbon chains containing less than 6 carbon atoms and one carboxylic group have been used for many years as strong antibacterial agents. Their importance increased as feed antibiotics were banned in the European Union. Thus, these fatty acids can be used as antibiotic replacers. They also can provide piglets with energy which is utilized mainly by intestinal epithelium cells. Propionic and butyric acids have a role in animal metabolism. Medium-chain fatty acids, i.e. caproic (6 carbon atoms), caprylic (8 carbon atoms), capric and lauric acids (10 and 12 carbon atoms, respectively) have also antibacterial activity: probably they diffuse into bacterial cells in undissociated form and dissociate within the protoplasm leading to intracellular acidification. They are also a readily available energy source, especially for young animals. They are rapidly absorbed from the stomach and small intestine and transported directly to the liver where they are oxidized in mitochondria. They affect intestinal mucosa by increasing the length of microvilli and thus improving nutrient availability. All these properties make them a valuable feed supplement for piglets.