

Właściwości i zastosowanie średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (MCFA) i ich monoacylgliceroli (MCM)

Agnieszka Szewczyk, Ewa Hanczakowska

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

Do średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych (ang. Medium Chain Fatty Acids – MCFA) zalicza się kwasy tłuszczowe zawierające od 6 do 12 atomów węgla w łańcuchu. Najpopularniejszymi przedstawicielami zaliczanymi do tej grupy są kwasy: kapronowy (C₆), kaprylowy (C₈), kaprynowy (C₁₀) i laurynowy (C₁₂). Istnieją również kwasy o nieparzystej liczbie atomów węgla, nie mające większego praktycznego znaczenia, np. kwas enantowy (C₇) i kwas pelargonowy (C₉). Ten ostatni występuje w przyrodzie w pelargoniach pod postacią estrów o charakterystycznym zapachu.

Średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe pobierane są przez zwierzęta w postaci trójglicerydów (MCT). Częsteczki te są mniejsze niż częsteczki trójglicerydów długołańcuchowych kwasów tłuszczowych (LCT), co sprawia, że proces ich hydrolizy jest szybszy oraz energooszczędny, gdyż nie wymaga obecności tych wszystkich enzymów, które biorą zazwyczaj udział w metabolizmie tłuszczów. W przeciwieństwie do dominujących w naturalnych tłuszczach kwasów długołańcuchowych hydroliza kwasów średniołańcuchowych przebiega bez udziału lipazy trzustkowej (Guillot i in., 1994). Pobrane przez zwierzę MCT są prawie natychmiast rozkładane przez enzymy śliny na glicerol i kwasy tłuszczowe, a więc lipaza trzustkowa, istotna dla procesu hydrolizy tłuszczów, nie jest w tym przypadku potrzebna. Fakt ten ważny jest również w żywieniu ludzi, np. przy sporządzaniu diet dla pacjentów cierpiących na choroby metaboliczne powodujące upo-

śledzenie przyswajania tłuszczów, a więc osób z funkcjonalnymi zaburzeniami trzustki, a także dla małych dzieci i młodych zwierząt, u których przewód pokarmowy oraz procesy wydzielnicze gruczołów trawiennych nie zostały jeszcze w pełni rozwinięte (Marion i in., 2002). W takich przypadkach triacylglicerole kwasów średniołańcuchowych mogą być główną lub jedyną formą przyswajanego tłuszczu. Młode prosięta na przykład, o nie w pełni rozwiniętych funkcjach trawiennych przewodu pokarmowego, zdolne są trawić i przyswajać tłuszcz w formie triacylgliceroli MCFA, przy czym najszybciej przyswajane są triacylglicerole kwasu o najkrótszym łańcuchu, czyli kapronowego (Otle i in., 1994).

Uwolnione w wyniku hydrolizy średniołańcuchowe kwasy absorbowane są w formie niezestryfikowanej bezpośrednio z jelita do układu krwionośnego, choć być może pewna ich ilość jest transportowana tradycyjnie, czyli w formie chylomikronów do wątroby, a stamtąd związane z białkami lipoproteiny dostają się do komórek organizmu (Signalet i in., 1997). Jest jednak regułą, że w mitochondriach komórek wątroby zachodzi szybka β-oksydacja kwasów średniołańcuchowych z wydzieleniem znacznych ilości energii. Proces ten jest energooszczędny i nie wymaga obecności karnityny niezbędnej do aktywacji i utleniania długołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Uzyskana w procesie β-oksydacji energia zużywana jest przez organizm w innych procesach metabolicznych, m.in. na rozkład triacylgliceroli dłu-

gołańcuchowych kwasów tłuszczowych, syntezy białka i innych. Taki szlak metaboliczny sprawia, że kwasy średniołańcuchowe nie są odkładane jako materiał zapasowy, ale stanowią szybko dostępne źródło energii, jak węglowodany (Fushiki i Matsumoto, 1995). Dłuższe podawanie tych kwasów powoduje mniejszy przyrost tkanki tłuszczowej, stosowanie ich jest więc zalecane ludziom i zwierzętom otyłym (St-Onge i Johannes, 2002).

Pozytywne działanie kwasów średniołańcuchowych, zwłaszcza w żywieniu młodych zwierząt, w znacznej mierze związane jest z powodowanymi przez nie zmianami w budowie nabłonka jelita cienkiego. Na powierzchni błony jelita występują drobne wypustki, tzw. kosmki, których celem jest zwiększenie powierzchni chłonnej jelita, tak więc ich ilość i wielkość warunkują szybkie wchłanianie składników pokarmowych. Młode zwierzęta, np. prosięta reagują na stres odsadzenia głębokimi zmianami w budowie nabłonka jelita. Jak stwierdzili Marion i in. (2002), w trzecim dniu po odsadzeniu prosiąt wysokość kosmków ulega obniżeniu o 59% w stosunku do wysokości przed odsadzeniem, a masa nabłonka jelita cienkiego zmniejsza się o 55%. W okresie tym obserwuje się wzmożoną apoptozę enterocytów, komórek charakteryzujących się szybkim metabolizmem i wrażliwością na niedobór tlenu i substancji odżywczych. Odbudowa komórek nabłonka wymaga dostarczenia łatwo przyswajalnej energii, której źródłem mogą być kwasy średniołańcuchowe. Wzrost wysokości kosmków po podaniu tych kwasów stwierdzili Dierick i in. (2002).

Innym powodem, dla którego MCFA zalecane są jako dodatek do pasz dla młodych zwierząt, jest ich działanie bakteriostatyczne i bakteriobójcze, dzięki czemu mogą stanowić alternatywę dla wycofanych antybiotyków paszowych. Działanie to polega na tzw. efekcie rozszczepienia. Kwasy średniołańcuchowe w formie niezdysocjowanej przenikają przez błony komórkowe bakterii dysocjując we wnętrzu komórki. Ich dysocjacja powoduje zachwianie pH komórek mikroorganizmów, które dążą do utrzymania odczynu obojętnego, zużywając znaczne ilości energii. W rezultacie prowadzi to do jej niedoboru, ograniczenia syntezy białek i śmierci komórki bakteryjnej (Ricke, 2003). Tak więc, średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe są aktywne bio-

logicznie w formie niezdysocjowanej i mogą wnikać do komórek bakteryjnych w wyższych poziomach pH. W tych warunkach obszar ich aktywności obejmuje dalsze odcinki jelit, poza żołądkiem, szczególnie narażone na rozwój bakterii pasożytniczych. MCFA hamują rozwój bakterii gram ujemnych oraz gram dodatnich (Nakai i Siebers, 2002), przy czym działanie to słabnie wraz z wydłużaniem się ich łańcucha węglowego. MCFA ograniczają rozwój bakterii z rodzajów *Clostridium* (Dierick i in., 2002), *Salmonella*, *Escherichia coli* (Skrivanova i in., 2006; Marounek i in., 2003) i *Helicobacter*. W przypadku tej ostatniej bakterii wysoką aktywność wykazały głównie: nasycony kwas laurynowy (C₁₂) oraz średniołańcuchowe monoacylglicerole – estry, w których tylko jedna grupa hydroksylowa glicerolu jest podstawiona kwasem tłuszczowym (Petschow i in., 1996).

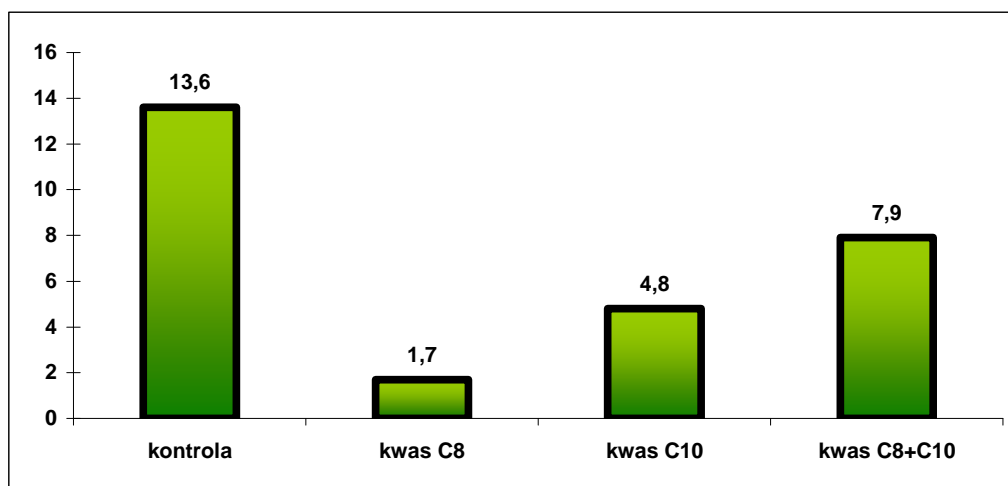
Średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe i aktywne formy średniołańcuchowych monoacylgliceroli znajdują się w znacznej ilości w tłuszczu mleka wzbogacając jego odżywcze i prozdrowotne właściwości. Tłuszcze pochodzące z paszy dostają się w pewnym procencie do gruczołu mlekowego w postaci chylomikronów (Francois i in., 1998), dlatego mając na uwadze fakt, że można z łatwością zmieniać profil kwasów tłuszczowych mleka, warto go dodatkowo wzbogacać MCFA, będącymi źródłem energii i barierą ochronną skierowaną przeciwko mikroorganizmom patogennym. Azain (1993) oceniał wpływ zawartości różnych kwasów tłuszczowych w mleku na zdrowotność prosiąt. Podawał lochom w okresie laktacji pasze z dodatkiem kwasów średnio- lub długołańcuchowych. Prosięta pochodzące od matek, które otrzymywały w paszy dodatek kwasów średniołańcuchowych, charakteryzowały się lepszą zdrowotnością, w mniejszym stopniu zapadały na choroby bakteryjne i wirusowe, a wskaźnik śmiertelności był u nich o 36% niższy w porównaniu do wskaźnika śmiertelności prosiąt pochodzących od loch karmionych paszami z udziałem kwasów długołańcuchowych.

W niektórych przypadkach stosowanie monoacylgliceroli kwasów średniołańcuchowych jako środków bakteriobójczych jest korzystniejsze niż użycie czystych kwasów. Estryfikacja rozszerza bakteriobójcze właściwości kwasów średniołańcuchowych, gdyż działanie czystych kwasów w jelicie cienkim jest ograni-

czone przez ich szybką absorpcję do układu krwionośnego. Dlatego średniołańcuchowe acylglicerole mogą stanowić korzystną alternatywę dla czystych kwasów (Dierick i in., 2002). Monoacylglicerole występują w trzech izomerycznych formach: sn2, sn1 i sn3, zależnie od tego, która grupa hydroksylowa glicerolu jest zastąpiona kwasem. Łatwo zauważyć, że formy sn1 i sn3 są identyczne: w obu przypadkach podstawiona jest skrajna grupa hydroksylowa (-CH₂-OH). Dlatego też, obie te formy wykazują identyczne właściwości, różne od izomeru sn2, w którym środkowa grupa hydroksylowa (-CH-OH) zastąpiona jest kwasem. Acylglicerole sn1 i sn3 oraz wolne kwasy tłuszczowe nie ulegają restryfikacji w organizmie i wykazują aktywność antybakteryjną. Izomery sn2 ulegają natomiast estryfikacji do triacylgliceroli i nie mają biologicznej aktywności. Antypatogenne działanie monoacylgliceroli jest inne niż czystych kwasów i nie polega na przenikaniu przez błony bakteryjne i wewnątrzkomórkowej dysocjacji. Jest natomiast zbliżone do antybakteryjnej aktywności krótkołańcuchowych kwasów organicznych i wiąże się z niszczeniem zewnętrznych

błon cytoplazmatycznych, hamowaniem syntez zachodzących wewnątrz komórki oraz rozkładem białek i kwasów dezoksyrybonukleinowych. Oprócz działania antybakteryjnego monoacylglicerydy niszczą także wirusy.

W Instytucie Zootechniki PIB przeprowadzono badania nad wykorzystaniem średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych – kaprylowego i kaprynowego w żywieniu prosiąt. Ich działanie porównywano z działaniem stosowanych powszechnie zakwaszaczy, tj. kwasu fumarowego oraz mieszaniny kwasów mrówkowego i propionowego. Wyniki trzech przeprowadzonych doświadczeń dowodzą pozytywnego wpływu MCFA na ilość upadków (wykres 1) oraz wskaźniki produkcyjne prosiąt. 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 (fot. 1 i 2). W przeciwieństwie do cytowanych wyżej danych z literatury, bakterio-bójcze działanie kwasów było stosunkowo słabe; redukcji uległa tylko ilość bakterii z rodzaju *Clostridium*.

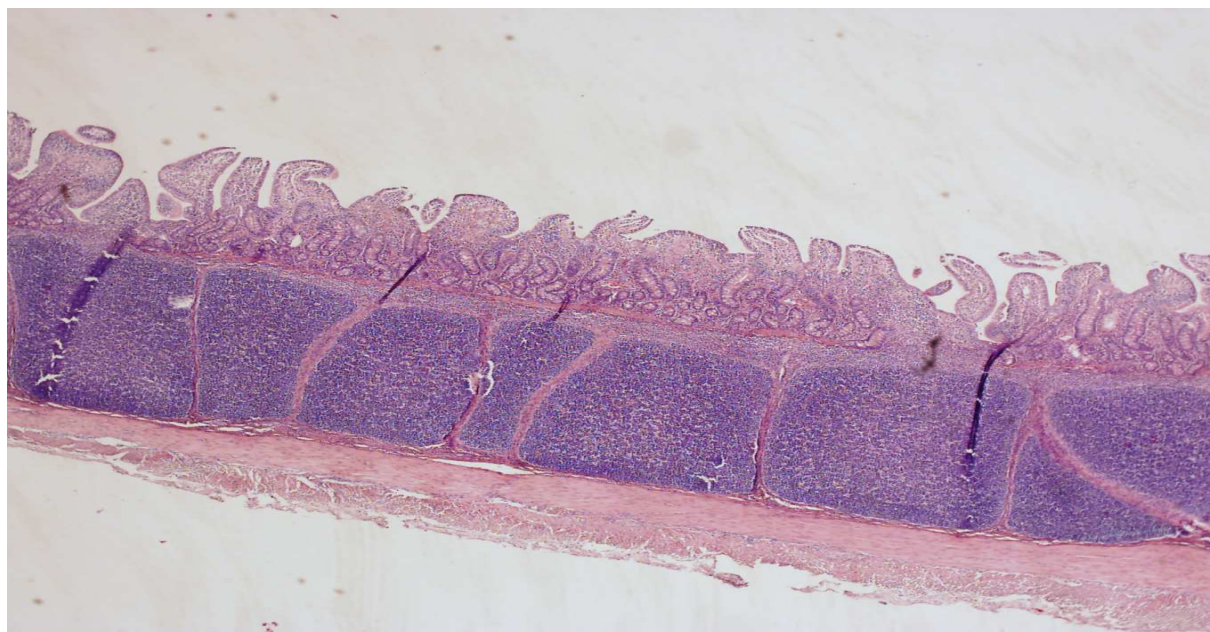


Wykres 1. Wskaźnik śmiertelności (%) – Graph 1. Mortality rate (%)

Kwas fumarowy również w istotnym stopniu poprawiał przyrosty prosiąt, a zmieszanie go z kwasem kaprylowym dało ich dalszy wzrost. W przeciwieństwie do kwasów średniołańcuchowych kwas fumarowy obniżył znacznie ilość bakterii *Escherichia coli* w jelicie cienkim.

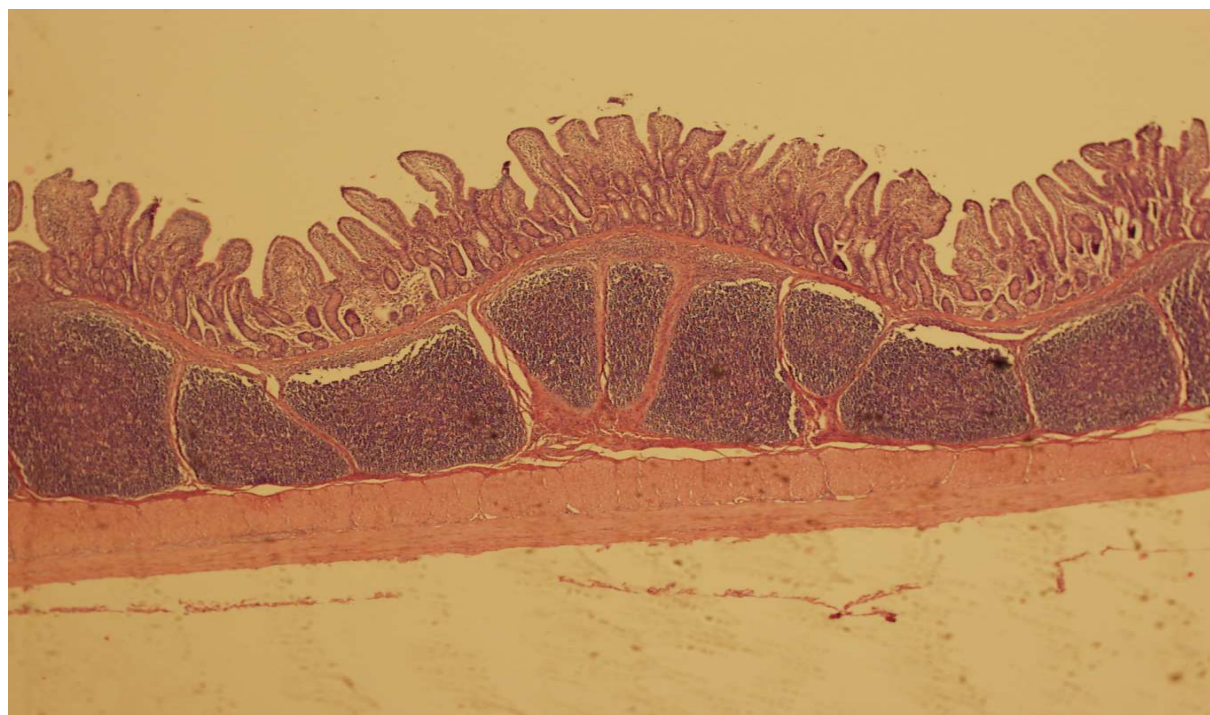
Mieszanina kwasów mrówkowego i pro-

pionowego spowodowała jedynie nieistotną poprawę przyrostów prosiąt i dopiero dodanie kwasu kaprynowego poprawiło je w stopniu wysoko istotnym. Kwasy te nie spowodowały również zmian w budowie nabłonka jelita i brak było zdecydowanego działania bakterio-bójczego. Dokładniejsze omówienie przeprowadzonych



Fot. 1. Zdjęcia kosmków jelita biodrowego prosiąt żywionych standardową mieszanką paszową, wykonane za pomocą mikroskopu świetlnego

Fig. 1. Light microscope photograph of the ileal villi of piglets fed standard feed mixture



Fot. 2. Zdjęcia kosmków jelita biodrowego prosiąt otrzymujących w paszy dodatek kwasów kaprylowego i kaprynowego, wykonane za pomocą mikroskopu świetlnego

Fig. 2. Light microscope photograph of the ileal villi of piglets receiving caprylic and capric acid supplements in feeds

badania znajdzie czytelnik w jednym z ostatnich numerów Medycyny Weterynaryjnej (Hanczakowska i in., 2010).

Podsumowując omówione badania można stwierdzić, że wolne kwasy średniołańcuchowe

(MCFA) oraz średniołańcuchowe monoglicerydy (MCM) mają właściwości prozdrowotne, wpływają stymulująco na rozwój zwierząt, zwłaszcza młodych, a także hamują rozwój bakterii patogennych, grzybów i wirusów.

Literatura

Azain M. (1993). Effects of adding medium chain triglycerides to sow diets during late gestat early lactation on litter performance. *J. Anim. Sci.*, 71: 3011–3019.

Dierick N., Decuypere J., Molly K., Beek E. Van, Vanderbeke E. (2002). The combination use of triacylglycerols containing medium – chain fatty acids and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglets nutrition. I. *In vitro* screening of release of MCFAs from selected fat source by selected exogenous lipolytic enzymes under simulated pig gastric conditions and their effects on the gut flora of piglets. *Livest. Prod. Sci.*, 76: 1–16.

Francois C., Connor S., Wander R., Connor W. (1998). Acute effects of dietary fatty acids on the fatty acids of human milk. *Clinic. Nutr.*, 67: p. 301.

Fushiki T., Matsumoto K. (1995). Swimming endurance capacity of mice is increased by consumption of medium – chain triglycerides. *J. Nutr.*, 125, p. 531.

Guillot B., Lemarchal P., Dhorne T. (1994). Intestinal absorption of medium chain fatty acids. *Brit. J. Nutr.*, 72: 545–553.

Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Hanczakowski P., Wróbel A. (2010). Medium-chain fatty acids as supplements for weaned piglets. *Med. Wet.*, 66: 331–334.

Marion J., Biernat M., Thomas F., Savary G., Breton Y. Le, Zabielski R., Huèrou-Luron I. Le, Divisich J. Le (2002). Small intestine growth and morphometry in piglets weaned at 7 days of age. Effects of level of energy intake. *Reprod. Nutr. Dev.*, 42: 339–354.

Marounek M., Skrivanova E., Rada V. (2003). Susceptibility of *Escherichia coli* to C2 – C18 fatty acids. *Folia Microbiol.*, 48: 731–735.

Nakai S., Siebert K. (2002). Validation of bacterial growth inhibition models based on molecular properties of organic acids. *J. Food Microbiol.*, 2678: 1–7.

Odle J., Lin X., Wieland T., Kempen T. van (1994). Emulsification and fatty acid chain length affect the kinetics of [14C] – medium – chain triacylglycerol utilization by neonatal piglets. *J. Nutr.*, 124 (1): 84–93.

Petschow B., Batema R., Ford L. (1996). Susceptibility of *Helicobacter pylori* to bactericidal properties of medium – chain monoglycerides and free fatty acids. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 40 (2): 6–302.

Ricke S. (2003). Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poltry Sci.*, 82: 632–639.

Signalet D., Winkelaar G., Smith L. (1997). Determination of the route of medium – chain and long – chain fatty acid absorption by direct measurement in the rat. *J. Parenteral Enteral Nutr.*, 21 (5): 275–278.

Skrivanova E., Marounek M., Benda V., Brezina P. (2006). Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. *Vet. Med.*, 51 (3): 81–88.

St-Onge M., Johanes P. (2002). Physiological effects of medium – chain triglycerides, potential agents in the prevention of obesity. *J. Nutr.*, 132: 329–332.

**PROPERTIES AND APPLICATION OF MEDIUM CHAIN
FATTY ACIDS AND THEIR MONOACYLGLYCEROLS**

Summary

Medium chain fatty acids i.e. caproic (6 atoms of carbon in a chain), caprylic (8 atoms of carbon), capric and lauric acids (10 and 12 atoms of carbon, respectively) present in milk are readily available energy source, especially for young animals. They are rapidly absorbed from stomach and small intestine and transported directly to the liver where they are oxidized in mitochondria. They have also antibacterial activity: probably they diffuse into bacterial cells in undissociated form and dissociate within the protoplasm leading to intracellular acidification. They can affect intestinal mucosa morphology increasing the length of microvilli thus improving nutrients availability. These properties make them good alternatives to feed antibiotics. In experiment performed in our Institute positive effect of caprylic and capric acids on piglets health, performance and nutrients digestibility was found.



Prosięta rasy złotnickiej: pstrej i białej – *Złotnicka Spotted and Złotnicka White piglets*

(fot. M. Szyndler-Nęcza)