

Możliwości modyfikacji tłuszczu śródmięśniowego u bydła mięsnego

MONIKA ZYMON, JULIUSZ STRZETELSKI

Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Instytutu Zootechniki, 32-083 Balice

Zymon M., Strzetelski J.

Chances of intramuscular fat modification in beef cattle

Summary

Meat has been always a basic ingredient of the human diet. Currently, health experts are recommending a diet low in SFA and high in MUFA and PUFA, particularly from n-3 series. Unfortunately, beef fat contains a high level of SFA and a low proportion of essential PUFA. For this reason meat is considered a risk factor in the development of many diseases, such as obesity, arteriosclerosis, coronary heart disease and cancers. The fatty acid profile of meat fat can be modified by supplementing diets for ruminants with vegetable or fish oils. New varieties of linseed and rapeseed, high in linoleic or linolenic acid, and fish oil, also high in EPA and DHA, can be very useful to improve the health quality of meat. Despite the hydrogenation in the rumen, some dietary fat bypasses the rumen intact and can be incorporated into the tissues.

Keywords: vegetable oil, fish oil, beef meat

W obecnych czasach żywność nie jest już postrzegana jedynie jako źródło składników odżywczych, zaspokajających potrzeby organizmu. Coraz większe zainteresowanie zarówno konsumentów, jak i producentów żywności, budzą jej właściwości prozdrowotne. Szczególną rolę w diecie człowieka odgrywa mięso. Jest ono podstawowym źródłem białka, dostarcza także niezbędnych witamin i składników mineralnych (20). Wołowina i cielęcina odznaczają się niską zawartością tłuszczu, jednak niekorzystnym składem kwasów tłuszczowych, w którym przeważa udział nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), a zawartość niezbędnych dla zdrowia człowieka kwasów wielonienasyconych (PUFA) jest bardzo niska. Taki skład tłuszczu jest sprzeczny z zaleceniami żywieniowymi, które dążą do ograniczenia spożycia SFA, zwiększenia zaś dziennej konsumpcji PUFA, zwłaszcza z rodziny n-3.

Zawartość SFA w diecie człowieka ma wpływ na poziom cholesterolu w surowicy krwi. Wykazano, że kwasy laurynowy, mirystynowy i palmitynowy podwyższają poziom lipoprotein o niskiej gęstości (LDL) i ogólną zawartość cholesterolu. Wszystkie SFA zwiększają tendencję płytek krwi do agregacji, powodując zakrzepy naczyń. Nadmierne ich spożycie zwiększa także ryzyko chorób układu krążenia oraz zawału serca na podłożu miażdżycowym (28).

Jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA), szczególnie kwas oleinowy, obniżają poziom ogólnego cholesterolu oraz frakcji LDL i nie powodują wzros-

tu poziomu trójglicerydów. Badania dowodzą, że MUFA jako składnik diety pełnią rolę ochronną w profilaktyce miażdżycy (23).

Z żywieniowego punktu widzenia najważniejsze są niezbędne wielonienasycone kwasy tłuszczowe PUFA, do których należą: kwas linolowy $C_{18:2}$ n-6, α -linolenowy $C_{18:3}$ n-3, eikozapentaenowy (EPA) $C_{20:5}$ n-3, dokozaheksaenowy (DHA) $C_{22:6}$ n-3, a także kwasy: γ -linolenowy $C_{18:3}$ n-6 oraz arachidonowy $C_{20:4}$ n-6 (14). Ze względu na brak odpowiednich układów enzymatycznych, tkanki organizmu ludzkiego nie mają możliwości syntezy kwasów linolowego i linolenowego, dlatego kwasy te muszą być człowiekowi dostarczane z pożywieniem. EPA i DHA mogą być dostarczane z pokarmem lub być syntezowane z kwasu linolenowego (12).

Prozdrowotne właściwości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych

W ostatnich latach wykazano, że PUFA n-3 sprzyjają hamowaniu wielu schorzeń, a zwiększenie ich podaży może zmniejszyć ryzyko występowania chorób cywilizacyjnych, między innymi choroby wieńcowej serca. PUFA n-3 są niezbędne do normalnego funkcjonowania układu immunologicznego, przeciwdziałają takim chorobom, jak: reumatyzm, artretyzm, wykazują także działanie przeciwzakrzepowe (10). Istnieją dowody, że PUFA n-3 hamują wzrost komórek niektórych nowotworów, szczególnie raka piersi (22).

Sprężony kwas linolowy (CLA)

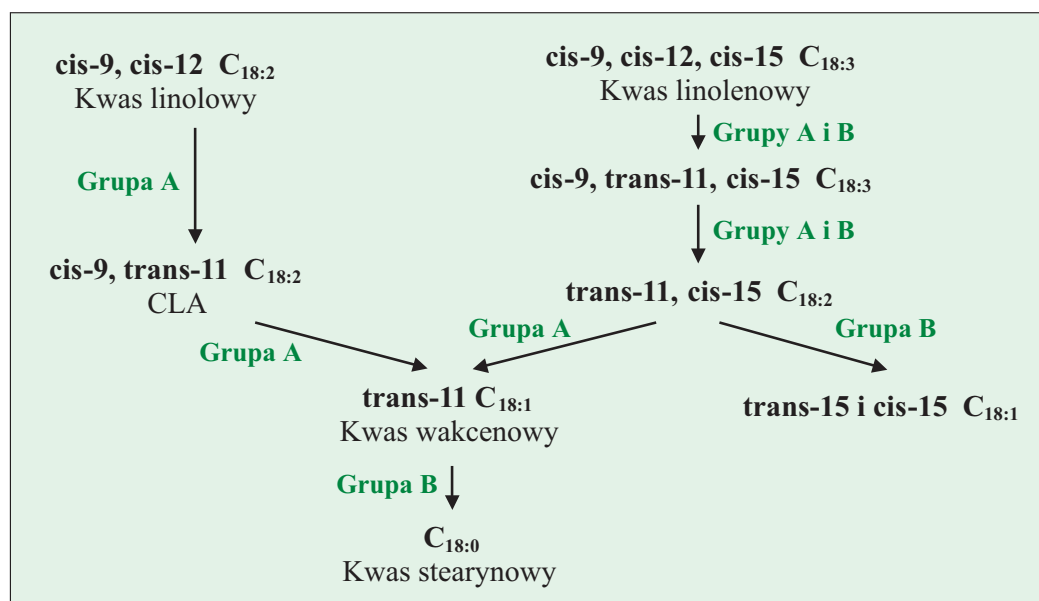
W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się na sprężony kwas linolowy (CLA). Jest to grupa pochodnych kwasu linolowego, występujących w formie izomerów pozycyjnych i geometrycznych (17). Podstawowym i dominującym izomerem CLA u ludzi i zwierząt jest cis-9, trans-11, zwany popularnie kwasem żwaczowym. Stanowi on ponad 82% wszystkich izomerów CLA i uważany jest za formę najbardziej aktywną biologicznie. Największe ilości

CLA występują w produktach spożywczych pochodzących od przeżuwaczy. Obecność CLA w tkankach przeżuwaczy jest związana z działalnością w żwaczu m.in. bakterii *Butyrivibrio fibrisolvens* (16), które uczestniczą w procesie biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych tłuszczu dawki, a CLA jest produktem pośrednim, powstającym w wyniku niecałkowitej hydrogenacji kwasu linolowego. Pewna ilość powstałego w żwaczu izomeru cis-9, trans-11 ulega wchłonięciu, część natomiast podlega dalszym przemianom do kwasu wakcenenowego trans-11 C_{18:1} i kwasu elaidynowego trans-9 C_{18:1}. Kwas wakcenenowy może także uczestniczyć w endogennej syntezie izomeru cis-9, trans-11 w komórkach gruczołu mlekowego oraz tkance tłuszczowej przeżuwaczy, przy udziale enzymu Δ-9-desaturazy (17).

CLA, podobnie jak inne PUFA, może hamować powstawanie i rozwój nowotworów. W badaniach na zwierzętach lub hodowlach tkankowych wykazano hamujący wpływ CLA na powstawanie raka piersi, skóry, jelita grubego i pierwotnego raka wątroby (4). Stwierdzono także, że CLA wykazuje działanie antymutagenne, obniża poziom cholesterolu we krwi, szczególnie frakcji LDL, przeciwdziała miażdżycy indukowanej drogą pokarmową, poprawia strukturę kości, a także hamuje syntezę tłuszczu i stymuluje syntezę białka (19).

Metabolizm kwasów tłuszczowych u zwierząt przeżuwających

W przeciwieństwie do zwierząt monogastrycznych, u przeżuwaczy przemiany lipidów w żwaczu zmieniają profil kwasów tłuszczowych (2). Pierwszym etapem metabolizmu tłuszczów pokarmowych jest lipoliza żwaczowa – hydroliza wiązań estrowych trójglicerydów, fosfolipidów i glikolipidów przy udziale enzymów bakterii żwaczowych: *Anaerovibrio lipolytica*,



Ryc. 1. Ścieżki biouwodorowania kwasów linolowego i linolenowego w żwaczu (13)

hydrolizującej trójglicerydy i *Butyrivibrio fibrisolvens* hydrolizującej fosfolipidy i glikolipidy (13). Lipoliza powoduje uwolnienie wolnych kwasów tłuszczowych i warunkuje ich dalsze przemiany. Zakres lipolizy zmniejsza się wraz ze wzrostem poziomu tłuszczu pokarmowego. Również duży udział paszy treściwej w dawce pokarmowej ogranicza intensywność lipolizy na skutek obniżenia pH, a większy udział włókna i białka może z kolei intensyfikować ten proces (8).

Kolejnym etapem metabolizmu lipidów w żwaczu jest biouwodorowanie nienasyconych kwasów tłuszczowych zawierających 18 atomów węgla do kwasu stearynowego C_{18:0}. Głównymi substratami są kwasy linolowy i linolenowy, a tempo biouwodorowania rośnie wraz ze wzrostem stopnia nienasycenia (13). Bakterie żwaczowe biorące udział w biouwodorowaniu podzielono w oparciu o szlaki przemian na dwie grupy: A i B (15). Aby uzyskać pełne uwodorowanie PUFA konieczne są zwykle bakterie z obydwu grup. Grupa A obejmuje wiele bakterii mających zdolność uwodorowania PUFA do kwasu wakcenenowego, m.in. *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Micrococcus sp.*, *Ruminococcus albus*. Grupa B, m.in. *Fucocillus*, bierze udział głównie w uwodorowaniu kwasu oleinowego cis-9 C_{18:1} oraz jego izomerów do kwasu stearynowego (13). Dwa kluczowe kwasy pośredniczące w biouwodorowaniu to kwas wakcenenowy trans-11 C_{18:1}, tworzony z kwasów linolowego i linolenowego, oraz CLA, powstający w procesie biouwodorowania kwasu linolowego. Procesy biouwodorowania w żwaczu są jednak złożone i oprócz głównych dróg, w których te kwasy pośredniczą (ryc. 1), musi istnieć wiele innych szlaków, a ilość powstających izomerów trans C_{18:1} i CLA jest bardzo duża.

Stopień biouwodorowania PUFA oleju rybnego EPA i DHA nie został do końca poznany. Badania *in vitro* wskazują na niewielkie uwodorowanie tych kwasów

(1). Badania *in vivo* wykazały jednak, że znaczna część kwasów EPA i DHA zostaje biouwodorowana, choć w mniejszym stopniu niż kwas linolowy i linolenowy (27). Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem spożycia oleju rybnego udział kwasów tłuszczowych trans- i hydroksy- C18 rośnie, zaś stopień biouwodorowania maleje.

U przeżuwaczy niemal 90% tłuszczów diety dochodzi do dwunastnicy w postaci niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych adsorbowanych na cząsteczkach pożywienia, a znacznie mniejszą część stanowią fosfolipidy bakteryjne (6). Lizolecytyny, wraz z solami kwasów żółciowych, desorbują kwasy tłuszczowe z cząsteczek pożywienia i bakterii, co pozwala na tworzenie się miceli, które są przechwytywane przez komórki nabłonka jelita czczego. Pozostałe składniki lipidów docierających do jelita cienkiego to niewielkie ilości trójglicerydów i glikolipidów, z których przy udziale lipaz trzustkowych, fosfolipaz i glikolipaz uwalniane są wolne kwasy tłuszczowe, a następnie absorbowane. W komórkach nabłonka jelita kwasy tłuszczowe są estryfikowane, trójglicerydy i fosfolipidy są włączane do chylomikronów i transportowane przez limfę do narządów obwodowych (6). Przystwojone kwasy EPA i DHA są rozprowadzane w organizmie w postaci fosfolipidów związanych z frakcją lipoproteid o wysokiej gęstości (HDL) i preferencyjnie, w stosunku do tłuszczu mleka, włączane do fosfolipidów w tkance mięśniowej przeżuwaczy (1), i dlatego poziom tych kwasów w tłuszczu mleka jest niewielki. Prawdopodobną przyczyną niskiego wychwytu EPA i DHA przez gruczoł mlekowy jest forma, w jakiej kwasy te są transportowane w organizmie. Frakcja HDL nie jest dobrym substratem dla lipazy lipoproteinowej, usuwającej z obiegu kwasy tłuszczowe, które są włączane do tłuszczu mleka (24).

Możliwości wzbogacenia wołowiny w wielonienasycone kwasy tłuszczowe

Mięso przeżuwaczy jest ubogie w PUFA, zwłaszcza z rodziny n-3, dlatego próby wzbogacenia mięsa w te kwasy wydają się uzasadnione. Efekt ten można uzyskać na drodze żywieniowej, poprzez zastosowanie w żywieniu bydła zielonek oraz nasion roślin oleistych i oleju rybnego. Trawy, nasiona lnu i rzepaku są bogatym źródłem kwasu α -linolenowego i linolenowego, zaś tłuszcz ryb i zwierząt morskich, a także alg obfitują w kwasy EPA i DHA (12).

Wykazano korzystny wpływ wprowadzenia olejów rybnych (30) oraz śrutowanych nasion (26, 29) lub makuchów roślin oleistych (25) do dawek pokarmowych dla cieląt i opasanego bydła na wzrost zawartości PUFA w tłuszczu mięsa, pomimo że kwasy te zostają w znacznej części uwodorowane w żwaczu.

PUFA w nasionach roślin oleistych są częściowo z natury chronione przed biouwodorowaniem białkiem nasion (7). W celu osłony tłuszczu przed uwodorowaniem w żwaczu stosuje się różne zabiegi. W badaniach

na bydło wykazano, że działanie formaldehydem na nasiona lnu powodowało wyraźny wzrost zawartości kwasu linolenowego w tłuszczu mięsa (5). W Polsce istnieje jednak zakaz stosowania formaldehydu w celach żywieniowych.

Innym ze sposobów zmniejszenia uwodorowania tłuszczu w żwaczu może być ogrzewanie pasz w wysokiej temperaturze. Badania na bydło (3) wykazały, że stosowanie w dawkach pokarmowych nasion lnu lub rzepaku ogrzewanych w temperaturze 130°C powoduje wzrost zawartości kwasów linolenowego i linolenowego w tłuszczu mięsa, nie pogarszając równocześnie właściwości fizykochemicznych i sensorycznych mięsa.

Alternatywną metodą jest stosowanie soli wapniowych kwasów tłuszczowych. Tłuszcze w postaci mydeł nie ulegają rozkładowi w zbliżonym do obojętnej odczynie żwacza, są natomiast dobrze trawione enzymatycznie w środowisku kwaśnym trawieńca i wchłaniane w jelicie. Wykazano, że stosowanie w żywieniu bydła soli wapniowych kwasów tłuszczowych olejów roślinnych prowadzi do obniżenia zawartości SFA i stosunku kwasów n-6/n-3 w tłuszczu śródmięśniowym (21). Inne prace wykazały jednak, że PUFA mydeł mogą być w dużym stopniu biouwodorowane w żwaczu (11).

Zwiększenie zawartości PUFA w tłuszczu śródmięśniowym jest jednak ograniczone, gdyż w większym stopniu odkładają się one w tłuszczu podskórnym i okołonerkowym (25). Ponadto odmienny jest także stopień odkładania PUFA w poszczególnych partiach mięśni (9).

Biouwodorowanie kwasów tłuszczowych warunkuje lipoliza trójglicerydów. Niskie pH żwacza zmniejsza tempo lipolizy, a więc wszystkie czynniki obniżające pH, np. skarmianie zbóż, mogą zwiększyć ochronę kwasów tłuszczowych. Niskie pH żwacza zmniejsza jednak wydajność białka bakteryjnego oraz tempo i stopień trawienia włókna. Zabieg ten ma także negatywny wpływ na zdrowotność i dobrostan krów (24).

Wpływ olejów roślinnych na procesy metaboliczne zachodzące w żwaczu i proporcje kwasów tłuszczowych w tłuszczu mięsa można więc modyfikować poprzez skład dawki pokarmowej, typ i fizyczną postać tłuszczu wprowadzonego do dawki. Przydatne do tego celu mogą być m.in. nowe odmiany lnu (26) i rzepaku (29), bogate w kwas linolowy lub linolenowy, oraz olej rybny (30), będący źródłem kwasów EPA i DHA. Mimo że PUFA olejów roślinnych ulegają biouwodorowaniu w żwaczu, ich udział w dawce pokarmowej prowadzi do wzrostu zawartości tych kwasów w tłuszczu mięsa, a przy prawidłowym zbilansowaniu dawki pod względem energii i białka oleje roślinne nie wpływają ujemnie także na produktywność zwierząt. Należy jednak pamiętać, że ilość tłuszczu w dawce pokarmowej nie powinna przekraczać 6% suchej masy (18).

Piśmiennictwo

1. *Ashes J. R., Siebert B. D., Gulati S. K., Cuthbertson A. Z., Scott T. W.*: Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids* 1992, 27, 629-631.
2. *Bauman D. E., Perfield II J. W., de Veth M. J., Lock A. L.*: New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Ithaca, NY* 2003, s. 175-189.
3. *Brejta W., Barowicz T., Gąsior R.*: Wykorzystanie pełnotłustych nasion lnu i rzepaku w opasie młodego bydła rzeźnego. *Rośliny Oleiste* 1999, XX, 207-220.
4. *Chin S. F., Liu W., Storkson J. M., Ha Y. L., Pariza M. W.*: Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a new recognized class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.* 1992, 5, 185-197.
5. *Choi N. J., Enser M., Wood J. D., Scollan N. D.*: Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Anim. Sci.* 2000, 71, 509-519.
6. *Doreau M., Chilliard Y.*: Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Brit. J. Nutr.* 1997, 78 (Suppl. 1), S15-S35.
7. *Doreau M., Chilliard Y., Relquin H., Demeyer D. I.*: Manipulation of milk fat in dairy cows. [w:] *Garnsworthy P. C., Wiseman J.*: Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK 1999, s. 81-109.
8. *Doreau M., Ferlay A.*: Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1994, 45, 379-396.
9. *Dymnicka M., Strzetelski J., Klupczyński J., Miciński J., Łozicki A.*: The fatty acid profile of M. thoracis and M. semitendinosus intramuscular fat. *J. Anim. Feed Sci.* 2005, 14, Suppl. 1, 247-250.
10. *Engler M. M., Engler M. B.*: Omega-3 fatty acids: role in cardiovascular health and disease. *J. Cardiovasc. Nurs.* 2006, 21, 17-24.
11. *Ferlay A., Chabrot J., Elmeddah Y., Doreau M.*: Ruminant lipid balance and intestinal digestion by dairy cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty acids or rapeseed oil. *J. Anim. Sci.* 1993, 71, 2237-2245.
12. *Givens D. I., Cottrill B. R., Davies M., Lee P. A., Mansbridge R. J., Moss A. R.*: Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets – a review. *Nutr. Abstr. Rev.* 2000, 70, 1-19.
13. *Harfoot C. G., Hazlewood G. P.*: Lipid metabolism in the rumen, [w:] *Hobson P. N., Stewart C. S.*: The Rumen Microbial Ecosystem. Stewart Published by Blackie Academic and Professional, London 1997, 382-419.
14. *Horrobin D. F.*: Gamma linolenic acid: an intermediate in essential fatty acid metabolism with potential as an ethical pharmaceutical and as a food. *Rev. Contemp. Pharmacother* 1990, 1, 1-45.
15. *Kemp P., Lander D. J.*: Hydrogenation in vitro of α -linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. *J. Gen. Microbiol.* 1984, 130, 527-533.
16. *Kepler C. R., Hirons K. P., McNeill J. J., Tove S. B.*: Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 1966, 241, 1350-1354.
17. *Khanal R. C., Dhiman T. R.*: Biosynthesis of conjugated linoleic acid (CLA): a review. *Pakistan J. Nutr.* 2004, 3, 72-81.
18. *Kowalczyk J., Ørskov E. R., Robinson J. J., Stewart C. S.*: Effect of fat supplementation on voluntary food intake and rumen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 1977, 37, 251-257.
19. *Kritchevsky D.*: Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Brit. J. Nutr.* 2000, 83, 459-465.
20. *MacDonald H. B.*: Meat and its place in the diet. *Can. J. Public Health* 1991, 82, 331-334.
21. *Ngidi M. E., Loerch S. C., Fluharty F. L., Palmquist D. L.*: Effects of calcium soap of long-chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and ruminal metabolism of steers. *J. Anim. Sci.* 1990, 68, 2555-2565.
22. *Noguchi M., Rose D. P., Earashi M., Miyazaki I.*: The role of fatty acids and eicosanoid synthesis inhibitors in breast carcinoma. *Review. Oncology* 1995, 52, 265-271.
23. *Perez-Jimenez F., Lopez-Miranda J., Mata P.*: Protective effect of dietary monounsaturated fat on arteriosclerosis: Beyond cholesterol. *Atherosclerosis* 2002, 163, 385-398.
24. *Rymer C., Givens D. I., Wahle K. W. J.*: Dietary strategies for increasing docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) concentrations in bovine milk: a review. *Nutr. Abstr. Rev. B* 2003, 73, 9R-25R.
25. *Stasiniewicz T., Strzetelski J., Kowalczyk J., Osieglowski S., Pustkowiak H.*: Performance and meat quality of fattening bulls fed complete feed with rapeseed oil cake or linseed. *J. Anim. Feed Sci.* 2000, 9, 283-296.
26. *Strzetelski J., Borowiec F., Niwińska B., Zymon M.*: Effect of two linseed oily cultivars and dried maize soluble on fatty acid composition of calves meat. *Ann. Anim. Sci.* 2003, Suppl. 2, 65-69.
27. *Wachira A. M., Sinclair L. A., Wilkinson R. G., Hallett K., Enser M., Wood J. D.*: Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *J. Agric. Sci.* 2000, 135, 419-428.
28. *Wilke M. S., Clandinin M. T.*: Influence of dietary saturated fatty acids on the regulation of plasma cholesterol concentration. *Lipids* 2005, 40, 1207-1213.
29. *Zymon M., Strzetelski J.*: The effect of feeding two rapeseed cultivars differing in fatty acid profile on health promoting value of veal. *Anim. Sci.* 2006, Suppl. 1, 160-161.
30. *Zymon M., Strzetelski J. A., Kowalczyk J.*: The effect of fish oil in calf diets on the fatty-acid content of *Musculus thoracis* intramuscular fat. *J. Anim. Feed Sci.* 2005, 14, Suppl. 1, 319-322.

Adres autora: dr Monika Zymon, ul. Dębowa 3, 32-031 Mogilany k. Krakowa; e-mail: mbragiel@izoo.krakow.pl