

Wpływ nasyconych i jednonienasyconych kwasów tłuszczowych na zawartość cholesterolu w organizmie zwierząt

Piotr Hanczakowski

Zakład Żywienia Zwierząt, Instytut Zootechniki

32-083 Balice k. Krakowa

Słowa kluczowe: cholesterol, nasycone kwasy tłuszczowe, jednonienasycone kwasy tłuszczowe

Wstęp

Cholesterol jest ważnym sterydem zwierzęcym, niezbędnym do prawidłowego rozwoju i metabolizmu ssaków. Jednakże jego nadmiar może prowadzić do patologicznych zmian, zwłaszcza w systemie krwionośnym. Zawartość cholesterolu w organizmie jest uwarunkowana czynnikami genetycznymi oraz środowiskowymi, wśród tych ostatnich zasadniczą rolę odgrywa żywienie.

Jak wykazują dotychczasowe badania, wszystkie podstawowe składniki pożywienia mogą mieć wpływ na gospodarkę cholesterolem. Wpływ białka i węglowodanów omówiliśmy we wcześniejszych numerach *Postępów Nauk Rolniczych* [8, 9] ale, przynajmniej sądząc po liczbie publikacji poświęconych tym zagadnieniom, najważniejszą rolę odgrywa tutaj tłuszcz. Według dominującego poglądu nasycone kwasy tłuszczowe (ang. saturated fatty acids — SFA), zwłaszcza o średniej długości łańcucha, a więc laurynowy (C₁₂), mirystynowy (C₁₄) i palmitynowy (C₁₆), mają działanie hipercholesterolemiczne, podnosząc zawartość we krwi zwłaszcza tzw. „złej” frakcji cholesterolu (LDL), związanej z białkami o niskiej gęstości [5, 22]. Przeciwnie działanie, to jest obniżające zawartość cholesterolu, mają wielonienasycone kwasy tłuszczowe (ang. polyunsaturated fatty acids — PUFA), przy czym w żywności i w paszach najczęściej występują kwasy o 18 atomach węgla w łańcuchu, czyli linolowy (C_{18:2}) i linolenowy (C_{18:3}). Ich hipocholesterolemiczne działanie jest dobrze udokumentowane [17, 18].

W przeciwieństwie do kwasów nasyconych o średnim łańcuchu i kwasów wielonienasyconych brak jednolitego poglądu na działanie kwasu stearynowego (nasyco-

ny, o 18 atomach węgla) i kwasów jednonienasyconych, czyli praktycznie najpopularniejszego z nich, kwasu oleinowego, o osiemnastu atomach węgla i jednym podwójnym wiązaniu ($C_{18:1}$).

Zależność poziomu cholesterolu we krwi od ilości poszczególnych kwasów tłuszczowych obecnych w pożywieniu wydawała się tak prosta, że w roku 1965 Hegsted i in. [11] ułożyli matematyczny wzór określający tę zależność:

$$\Delta\text{CHOL} = 2,16 \Delta\text{S} - 1,65 \Delta\text{P} + 0,0677 \Delta\text{C} - 0,53$$

gdzie: ΔCHOL — to przewidywana zmiana poziomu cholesterolu [$\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$],
 ΔS — procentowa zmiana dziennej dawki kalorii pochodzących z tłuszczu nasyconego,
 ΔP — to samo dla tłuszczu wielonienasyconego,
 ΔC — spożyty cholesterol [$\text{g} \cdot \text{dzień}^{-1}$].

Wzór ten ma jedną zasadniczą wadę: ogranicza się do kwasów tłuszczowych, nie biorąc pod uwagę innych składników pożywienia. Tymczasem He i Fernandez [10] w doświadczeniu na świnkach morskich stwierdzili, że węglowodany (sacharoza) i nasycone kwasy tłuszczowe (laurynowy i mirystynowy) niezależnie od siebie podnoszą zawartość cholesterolu we krwi przez specyficzne zmiany w jego metabolizmie w wątrobie, związane z produkcją i katabolizmem lipoprotein. Skrobia i kwasy tłuszczowe jedno- i wielonienasycone przeciwnie — obniżały zawartość cholesterolu i trójglicerydów we krwi.

Działanie kwasów nasyconych

Działające hipercholesterolemicznie kwasy tłuszczowe o krótszym niż 18 węgli łańcuchu węglowym występują stosunkowo rzadko: **kwas laurynowy** w tłuszczu kokosowym i oleju koprowym (z kopry, nie z kopru), **mirystynowy** w tłuszczu kokosowym, a **palmitynowy** w oleju palmowym i łożu wołowym. Dwa ostatnie kwasy występują również w maśle (odpowiednio około 8 i 21%). Pomimo to Carrol i Hamilton [3] nie stwierdzili jego hipercholesterolemicznego działania. Również w naszych nieopublikowanych badaniach masło nie było hipercholesterolemiczne w porównaniu z oliwą, a znacznie obniżało poziom trójglicerydów we krwi. Mogło to być wynikiem działania zawartego w maśle kwasu oleinowego, stanowiącego również główny kwas tłuszczowy oliwy. Z drugiej strony He i Fernandez [10] stwierdzili hipercholesterolemiczne działanie tłuszczu zawierającego kwasy laurynowy i mirystynowy (był to olej koprowy), pomimo znacznej zawartości w nim nie tylko kwasu oleinowego, ale i wielonienasyconego kwasu linolowego. Zawartość tych dwóch ostatnich kwasów w tłuszczu wynosiła odpowiednio 20 i 26%, podczas gdy kwasu laurynowego 24, a mirystynowego tylko 8%. Również w badaniach Kris-Etherton [15], przeprowadzonych

na ludziach, zawarte w maśle kwasy laurynowy i mirystynowy podnosiły poziom cholesterolu w porównaniu z kwasem stearynowym, którego źródłem było masło kakaowe lub mleczna czekolada. Oliwa także obniżała poziom cholesterolu. Dzięki swemu hipocholesterolemicznemu działaniu kwas stearynowy określony został jako „wyjątkowy, długołańcuchowy, nasycony kwas tłuszczowy”. Hipocholesterolemiczne działanie kwasu stearynowego, przynajmniej w porównaniu z kwasem palmitynowym, potwierdzają również Bonanone i Grundy [2].

Trzeba jeszcze wspomnieć, że ważny może być rodzaj źródła badanego kwasu. Tak np. w doświadczeniu Innisa i in. [12] prosięta karmione olejem palmowym zawierającym kwas palmitynowy w pozycji sn 1,3 miały mniej cholesterolu we krwi niż prosięta otrzymujące odpowiednią ilość tego kwasu w pozycji sn 2, pochodzącego z syntetycznego tłuszczu imitującego smalec.

Kwas palmitynowy jest najczęściej spotykanym kwasem nasyconym i, jak twierdzą Grundy i Denke [7], głównie on jest odpowiedzialny za hipercholesterolemiczne działanie tłuszczów nasyconych. Jednakże nowsze badania [20] wskazują, że zamiana w dawce części kwasu palmitynowego na stearynowy nie wpływa na skład lipidów krwi chomika. Z drugiej strony zamiana ta była przeprowadzona na niskim poziomie, czyli 4% całkowitej energii, podczas gdy tłuszcz dostarczał 30% energii, z czego około 10% pochodziło z kwasu linolowego. Mógł on maskować wpływ niewielkiej zmiany w ilościach kwasów palmitynowego i stearynowego.

Najprawdopodobniej te rozbieżne opinie są wynikiem braku standaryzacji metodyki doświadczeń. Jak świadczy przegląd badań przeprowadzonych na ludziach (ponad 130 diet stosowanych w około 30 doświadczeniach) nie ma dowodów, że kwas palmitynowy ma działanie hipercholesterolemiczne pod warunkiem, że pacjenci mają normalny poziom cholesterolu, a w ich pożywieniu jest przeciętny poziom tego związku oraz tłuszczu, zawierającego odpowiednią ilość kwasów nienasyconych [14].

W porównawczym doświadczeniu nad cholesterolemicznym działaniem kwasów nasyconych (masło, łój i olej z orzecha kokosowego) i kwasu oleinowego (oliwa), w oryginalnie zaprojektowanym doświadczeniu na królikach [19], zwierzęta otrzymywały stały dodatek badanych tłuszczów, natomiast do dawki dodawano cholesterol, zmieniając jego ilość co tydzień, tak by utrzymać jego przeciętną zawartość we krwi na poziomie 20 mmoli w litrze, co powinno wystarczyć do wywołania zmian miażdżycowych w czasie 13-tygodniowego doświadczenia. Najwięcej cholesterolu trzeba było dodać do dawki z oliwą, co wskazywało na jej hipocholesterolemiczne działanie. Jednak różnice między tłuszczami nasyconymi a oliwą nie były istotne statystycznie.

Interesujące badania przeprowadzono niedawno na chomikach [1]. Zastosowano tu dodatek do dawki nie naturalnych źródeł tłuszczu, lecz syntetycznych trójacylogliceroli: trójmirystynianu, trójpalmitynianu i trójstearynianu. Półsyntetyczne dawki prawdopodobnie nie były smakowite, ponieważ autorzy musieli mieszać je ze standardową paszą w stosunku 80 : 20. Dawki zawierały cholesterol w ilości 0,5; 1,2 lub 2,4 g w kilogramie. Zawartość cholesterolu we krwi zależała tak od rodzaju użytego

kwasu tłuszczowego, jak i ilości cholesterolu w dawce, przy czym pomiędzy tymi dwoma czynnikami istniała wysoka interakcja. Ilość wolnego cholesterolu w wątrobie wzrastała wraz z jego zawartością w paszy, ale nie była związana z rodzajem kwasu, natomiast ilość estru cholesterolu w wątrobie, rosnąca liniowo wraz ze wzrostem zawartości tego związku w paszy, była w wypadku mirystynianu o 50% wyższa niż przy dwóch pozostałych kwasach. Biorąc pod uwagę „złą” frakcję cholesterolu (LDL), spośród trzech zastosowanych kwasów, najbardziej hipercholesterolemiczny okazał się kwas palmitynowy, a najmniej stearynowy. Zawartość tej frakcji we krwi rosła wraz ze wzrostem ilości cholesterolu w dawce najwolniej u zwierząt otrzymujących kwas stearynowy, pomimo że dzięki wyższemu spożyciu paszy otrzymywały one więcej tego związku. To wyższe spożycie paszy mogło być — zdaniem autorów — spowodowane słabszą absorpcją kwasu stearynowego niż kwasów o krótszym łańcuchu i związaną z tym koniecznością wyrównania braków energetycznych.

Wiadomo, że podawanie cholesterolu w paszy obniża endogenną syntezę tego związku, a także podnosi ilość jego estru odkładanego w wątrobie [22]. W omawianych badaniach [1] to właśnie odkładanie było w największym stopniu uzależnione od rodzaju kwasu tłuszczowego i dawki cholesterolu, przy czym interakcja między nimi zachodziła tylko przy względnie wysokich dawkach cholesterolu, przewyższających możliwości jego endogennej wytwarzania. Chomik, który był obiektem tych doświadczeń, należy do zwierząt o niskiej syntezie cholesterolu w wątrobie (dotyczy to także ludzi) i reaguje na dostarczony w pokarmie cholesterol zmianami w metabolizmie lipoprotein o niskiej gęstości. Zwierzęta o wysokiej syntezie cholesterolu (np. szczury) szybko obniżają tę syntezę. Stąd też trudności w porównaniu wyników uzyskanych na różnych gatunkach zwierząt: podawanie cholesterolu powoduje znaczne zmiany w poziomie frakcji LDL u chomika (jak w omawianych badaniach), natomiast u szczurów zmiany są niewielkie [4].

Z omawianych badań wynika, że kwas stearynowy w porównaniu z nasyconymi kwasami o krótszym łańcuchu ma działanie hipocholesterolemiczne, a w najgorszym wypadku obojętne. Kwas stearynowy występuje jednak w naturalnych tłuszczach stosunkowo rzadko. Jedynie w maśle kakaowym jego zawartość przekracza 30%, a w smalcu i łoju wołowym wynosi od 12 do 20%. W olejach roślinnych jest go nie więcej niż 5%, a w margarynie do 10%.

Działanie kwasów jednonienasyconych

W przeciwieństwie do kwasu stearynowego, jego pochodna z jednym podwójnym wiązaniem — kwas oleinowy — jest, jeśli można tak powiedzieć, kwasem popularnym. Jego zawartość w oliwie przekracza 70%, a w olejach rzepakowym i arachidowym jest go około 60%. Występuje również w tłuszczach zwierzęcych: w łoju w ponad trzydziestu, a w smalcu w czterdziestu procentach. Są to tłuszcze w znacznych ilościach (może z

wyjątkiem łożu) spożywane przez ludzi, nic też dziwnego, że temu właśnie kwasowi poświęca się więcej uwagi niż omówionym wyżej kwasom nasyconym.

O działaniu kwasu oleinowego wspominaliśmy wyżej, omawiając działanie kwasów nasyconych (str. 42), teraz omówimy go nieco szerzej. W roku 1970 Keys [13], porównując badania z siedmiu krajów, stwierdził, że mieszkańcy Grecji i południowych Włoch mają niski poziom cholesterolu we krwi i rzadziej zapadają na chorobę wieńcową mimo znacznych ilości spożywanego tłuszczu. Jako wytłumaczenie przyjęto fakt, że tłuszczem tym jest oliwa, bogata w nienasycony kwas oleinowy. Z drugiej strony nie można było wykluczyć, że jest to wynikiem nie tyle pozytywnego działania tego kwasu, ile niskiej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w tzw. diecie śródziemnomorskiej.

Na podstawie badań przeprowadzonych na ludziach (przeważnie pacjentach o podwyższonym poziomie cholesterolu) do końca lat osiemdziesiątych Kris-Etherton i in. [16] doszli do wniosku, że zamiana w pożywieniu kwasów nasyconych na jednonienasycone obniża cholesterol całkowity i jego „złą” frakcję (LDL), natomiast poziom frakcji HDL nie zmienia się. W ten sposób taka dawka pozwala „jeść tłusto” ludziom, którzy nie chcą z tego zrezygnować. Hipocholesterolemiczne działanie kwasu oleinowego w porównaniu z palmitynowym stwierdzono również w doświadczeniu na chomikach [23]. W tych badaniach olej rzepakowy dał nieco lepsze wyniki niż oliwa, choć różnice te nie były istotne statystycznie. Brak było również różnic pomiędzy oliwą tłoczoną na zimno a rafinowaną, a nawet wbrew oczekiwaniom ta druga okazała się nieco lepsza. To samo stwierdzono w wypadku oleju rzepakowego. Lepsze wyniki oleju rzepakowego niż oliwy mogły być rezultatem niższej zawartości w tym oleju kwasów nasyconych (odpowiednio 7–8% i 14%). Podobne wyniki uzyskał Truswell [24], podając ochotnikom zwykłe handlowe chipsy smażone na standardowym tłuszczu zawierającym głównie kwas palmitynowy (39%) i oleinowy (45%) lub robione „na zamówienie” na oliwie, oleju rzepakowym lub słonecznikowym, również bogatym w kwas oleinowy (80%). Zarówno olej słonecznikowy, jak rzepakowy obniżyły zawartość cholesterolu we krwi konsumentów, natomiast oliwa nie spowodowała zmian w zawartości cholesterolu całkowitego, a co gorsza — nieco obniżyła frakcję HDL, a podniosła LDL. Wyniki obu tych doświadczeń mogą poddać w wątpliwość opinię, że główną przyczyną prozdrowotnego działania diety śródziemnomorskiej jest znaczne spożycie oliwy z jej wysoką zawartością kwasu oleinowego. W tym wypadku autor [24] tłumaczy to niską zawartością kwasów linolowego i linolenowego w oliwie (odpowiednio 6,5 i 0,7% w porównaniu z 20 i 8% w wypadku rzepaku), a także obniżających cholesterol fitosteroli. Oliwa zawiera także znaczne ilości skwalenu, stanowiącego dla organizmu surowiec do wytwarzania cholesterolu. Zdaniem Fernandez i in. [6] lepsze wyniki uzyskiwane w przypadku oleju rzepakowego niż oliwy nie wynikają jednak z niższej produkcji cholesterolu w wątrobie, ale są rezultatem zmian w metabolizmie lipoprotein w osoczu krwi.

Jak widać z dotychczas omówionych doświadczeń, są one na ogół przeprowadzane na małych zwierzętach laboratoryjnych: szczurach, chomikach lub świnkach morskich. Zwierzęta te są skrwawiane na końcu eksperymentu, by uzyskać ilość krwi wystarczającą do wykonania analiz. Tymczasem Seiquer i in. [21] w badaniach na świnich stwierdzili, porównując olej słonecznikowy, oliwę i smalec, znaczne zmiany w poziomie cholesterolu we krwi, zależnie od czasu trwania doświadczenia. Po 12 tygodniach najmniej cholesterolu ($0,47 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) było we krwi świń otrzymujących olej słonecznikowy, czyli głównie kwas linolowy. U świń otrzymujących oliwę poziom cholesterolu wynosił $0,68$, a otrzymujących smalec — $0,71 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Po upływie dalszych 38 tygodni proporcje te uległy diametralnej zmianie. Najmniej cholesterolu ($0,54 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) miały świny otrzymujące smalec. Obniżył się również poziom cholesterolu u świń otrzymujących oliwę (do $0,56 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), natomiast u świń karmionych olejem słonecznikowym wzrósł aż do $1,02 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Te wyniki wskazują na znaczenie czasu trwania doświadczenia, czego zwykle nie bierze się pod uwagę.

Podsumowanie

Rezultaty omówionych badań, pomimo znaczących rozbieżności będących prawdopodobnie skutkiem różnic w stosowanych metodykach (różne gatunki zwierząt, różny skład dawek i czas trwania doświadczeń), wskazują, że zastosowanie tłuszczów bogatych w kwas oleinowy przy równoczesnym obniżeniu konsumpcji tłuszczów nasyconych pozwala na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego, a zwłaszcza jego złej frakcji (LDL). Podobne działanie wydaje się mieć kwas stearynowy, jednak z powodu jego rzadkości ma to mniejsze znaczenie praktyczne.

Literatura

- [1] Billet M.A., Bruce J.S., White D.A., Bennet A.J., Salter A.M. 2000. Interactive effects of dietary cholesterol and different saturated fatty acids on lipoprotein metabolism in the hamster. *Br. J. Nutr.* 84: 439–447.
- [2] Bonanone A., Grundy S.M. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *New England J. Med.* 318: 1244–1248.
- [3] Carroll K.K., Hamilton R.M. 1975. Effect of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol levels in relation to atherosclerosis. *J. Food Sci.* 40: 18–23.
- [4] Dietschy J.M., Turley S.D., Spady D.K. 1993. Role of liver in maintenance of cholesterol and low density lipoprotein homeostasis in different animal species, including humans. *J. Lipid Res.* 34: 1637–1659.
- [5] Fernandez M.L., Lin E.C., McNamara D.J. 1992. Regulation of guinea pig plasma low density lipoprotein kinetics by dietary fat saturation. *J. Lipid Res.* 33: 97–109.

- [6] Fernandez M.L., Soscia A.E., Sun G.S., Tosca M., McNamara D.J., McDonald B.E. 1996. Olive oil and rapeseed oil differ in their effect on plasma low-density lipoprotein metabolism in the guinea pig. *Br. J. Nutr.* 76: 869–880.
- [7] Grundy S.M., Denke M. 1990. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J. Lipid Res.* 31: 1149–1172.
- [8] Hanczakowski P. 1998. Wpływ rodzaju spożytego białka na zawartość cholesterolu we krwi. *Post. Nauk Rol.* 1: 91–98.
- [9] Hanczakowski P. 1999. Wpływ węglowodanów zawartych w pożywieniu na poziom cholesterolu we krwi. *Post. Nauk Rol.* 6: 17–25.
- [10] He L., Fernandez M.L. 1998. Dietary carbohydrate type and fat saturation independently regulate hepatic cholesterol and LDL metabolism in guinea pigs. *J. Nutr. Biochem.* 9: 37–46.
- [11] Hegsted D.M., McGandy R.B., Myers M.L., Stare F.J. 1965. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 17: 281–295.
- [12] Innis S.M., Quinlan P., Diersen-Schade D. 1993. Saturated fatty acid chain length and positional distribution in infant formula: effects on growth and plasma lipids and ketones in piglets. *Am. J. Clin. Nutr.* 57: 382–390.
- [13] Keys A. 1970. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation (Suppl.1)* 41: 1–211.
- [14] Khosla P., Sundram K. 1996. Effects of dietary fatty acid composition on plasma cholesterol. *Prog. Lipid Res.* 35: 93–132.
- [15] Kris-Etherton P.M. 1993. Effects of chain length of saturated fatty acids on plasma total, LDL- and HDL-cholesterol levels. *Fat Sci. Technol.* 95: 448–452.
- [16] Kris-Etherton P.M., Krummel D., Russel M.E., Dreon D., Mackey S., Borchers J., Wood P.D. 1988. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins and coronary heart disease. *J. Am. Diet. Assoc.* 88: 1373–1400.
- [17] Kris-Etherton P.M., Yu S. 1997. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins: Human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 65 (Suppl.):1628–1644.
- [18] McNamara D.J. 1992. Dietary fatty acids, lipoproteins and cardiovascular disease. *Adv. Food Nutr. Res.* 36: 253–361.
- [19] Nielsen L.B., Leth-Espensen P., Nordestgaard B.G., Foged E., Kjeldsen K., Stender S. 1995. Replacement of dietary saturated fat with monounsaturated fat: effect on atherogenesis in cholesterol-fed rabbits clamped at the same plasma cholesterol level. *Br. J. Nutr.* 74: 509–521.
- [20] Ramamoorthy L., Gupta S.V., Khosla P. 2000. Effects of exchanging 4% between dietary stearic acid and palmitic acid on hamster plasma lipoprotein metabolism. *J. Fd Sci. Nutr.* 51: S51–S59.
- [21] Seiquer I., Manas M., Martinez-Victoria E., Huertas J.R., Ballasta M.C., Mataix F.J. 1994. Effects of adaptation to diets enriched with saturated, monounsaturated and polyunsaturated fats on lipid and serum fatty acid levels in miniature swine (*Sus scrofa*). *Comp. Biochem. Physiol.* 108A: 377–386.
- [22] Spady D.K., Woollet L.A., Dietschy J.M. 1993. Regulation of plasma LDL-cholesterol levels by dietary cholesterol and fatty acids. *Ann. Rev. Nutr.* 13: 355–381.

- [23] Trautwein E.A., Rieckhoff D., Kunath-Rau A., Erbersdobler H.F. 1999. Replacing saturated fat with PUFA-rich (sunflower oil) or MUFA-rich (rapeseed, olive and high-oleic sunflower oil) fats resulted in comparable hypocholesterolemic effects in cholesterol-fed hamsters. *Ann. Nutr. Metab.* 43:159–172.
- [24] Truswell S.A. 2000. Comparing palmolein with different predominantly monounsaturated oils: effect on plasma lipids. *Intern. Food Sci. Nutr.* 51: S73–S77.

The effect of saturated and monounsaturated fatty acids on cholesterol content in animal tissues

Key words: cholesterol, saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids,

Summary

Dietary fatty acids (FA) may affect in different ways the cholesterol level in animal organism. It is generally accepted that the saturated fatty acids of medium long chain (lauric, miristic, palmitic acids) are hyper-, whereas the polyunsaturated fatty acids (linoleic, linolenic) are hypocholesterolemic. There is no conclusive evidence regarding the effect of stearic (saturated, long-chain FA) and monounsaturated FA (mainly oleic acid). A vast body of experimental evidence indicates that the stearic acid is neutral or hypocholesterolemic at least when compared to the palmitic acid. Oleic acid is rather hypocholesterolemic but its activity depends on the source of fat. It seems to be more hypocholesterolemic in rapeseed oil than in the olive oil.