

Piotr Hanczakowski
Instytut Zootechniki w Balicach

Wpływ węglowodanów zawartych w pożywieniu na poziom cholesterolu we krwi

Słowa kluczowe: cholesterol, węglowodany, włókno

Wstęp

Cholesterol jest sterydem obecnym we wszystkich tkankach ludzi i zwierząt. Organizm przeciętnego dorosłego człowieka zawiera około 150 g tego związku, a jego dzienna synteza uzupełniająca ubytki wynosi 700–1500 mg. Jej wysokość zależy w pewnej mierze od ilości cholesterolu w pożywieniu, im jest go więcej, tym produkcja w wątrobie niższa. Cholesterol jest prekursorem kwasów żółciowych i niektórych hormonów oraz ważnym składnikiem błon komórkowych i tkanki nerwowej. Jest niezbędny do prawidłowego rozwoju zwierząt.

W latach pięćdziesiątych pojawiły się jednak dane sugerujące, że jego nadmiar może mieć działanie szkodliwe, stwierdzono bowiem istnienie związku pomiędzy jego podwyższoną zawartością we krwi a częstotliwością zapadania na chorobę wieńcową [8]. Prowadzone w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych porównawcze badania nad występowaniem chorób niezakaźnych w krajach rozwijających się (głównie w Afryce) i na Zachodzie zwróciły uwagę na zależność sposobu odżywiania się i wzrastającej liczby takich chorób, jak kamica żółciowa, nowotwory jelita grubego i choroby układu krążenia [6, 35]. Nowe badania potwierdzają istnienie związku pomiędzy sposobem odżywiania się a poziomem cholesterolu w organizmie, co z kolei wskazuje na wpływ diety na powstawanie chorób układu krążenia [22].

Okazało się także, że chorobotwórcze działanie cholesterolu zależy od frakcji lipoproteinowych, z którymi jest on związany. Cholesterol obecny we frakcji o niskiej gęstości (LDL) ma działanie aterogenne, podczas gdy związany z lipoproteinami o wysokiej gęstości (HDL) takiego działania nie ma [5].

Ważnym składnikiem pożywienia mającym wpływ na metabolizm cholesterolu jest tłuszcz [14] oraz białko, którego działanie omówiliśmy szerzej w numerze 1/98 „Postępów Nauk Rolniczych” [19]. Trzecim — obok białka i tłuszczu — ważnym

składnikiem pożywienia są węglowodany. Możemy je podzielić na cukry proste, dwucukry, oligosacharydy i skrobię. Pokarm pochodzenia roślinnego zawiera również węglowodany odporne na rozkład przez enzymy trawienne człowieka i zwierząt monogastrycznych. Jest to tzw. włókno, czyli błonnik. Przemiana węglowodanów jest w organizmie ściśle związana z przemianą lipidów i każda z wymienionych grup cukrów może inaczej wpływać na metabolizm cholesterolu.

Rola włókna w pożywieniu jest inna niż pozostałych węglowodanów, takich jak dwucukry czy skrobia, jeśli pominąć tzw. skrobię oporną (ang. resistant starch). Podczas gdy cukry proste i skrobia stanowią dla człowieka i zwierząt jednoźródłowych źródło energii, włókno nie jest trawione w ich przewodzie pokarmowym. Dopiero w jelicie grubym rozkładają je enzymy bakteryjne i może w pewnym, niewielkim stopniu zaspokajać potrzeby energetyczne organizmu. Jego znaczenie polega m.in. na zmianie tempa wchłaniania składników pokarmu, dzięki zmianom w szybkości przepływu treści przez przewód pokarmowy oraz modyfikację jej własności fizykochemicznych.

Działanie skrobi i cukrów prostszych

Dokładniejsze omawianie wpływu węglowodanów na poziom cholesterolu w organizmie, głównie we krwi, rozpoczniemy od działania dwucukrów, ponieważ cukry proste (monosacharydy) mają niewielkie zastosowanie w żywieniu tak ludzi, jak i zwierząt. Nie były też one obiektem szerszych badań. Można tu wspomnieć o doświadczeniach Beyera [4], w których dodatek 20% sorbozy (jest to izomer fruktozy używany przy produkcji witaminy C) do dawki dla kur nieśnych obniżał poziom cholesterolu we krwi ptaków ze 142 do 73 mg/dl, ale podnosił jego zawartość w jajach z 10,9 na 12,5 mg/g. Falconer i Carroll [11] stwierdzili silne hipercholesterolemiczne działanie glukozy u królików, a znacznie słabsze u szczurów, podczas gdy według Kritchevsky'ego i in. [23] glukoza również u królików obniżała zawartość cholesterolu we krwi.

Z żywieniowego punktu widzenia ważniejsze od cukrów prostych są dwucukry i cukry złożone, z tych pierwszych zwłaszcza sacharoza i laktoza, a z drugich skrobia. Sporo uwagi poświęcono laktozie, ponieważ jako cukier mleka może mieć wpływ na zdrowie ludzi spożywających mleko i jego przetwory. Niestety jednak, tak jak w większości badań nad wpływem pożywienia na przemiany cholesterolu, uzyskane wyniki nie są jednoznaczne. I tak Stahelin i in. [30] w doświadczeniu na świniach stwierdzili hipocholesterolemiczne działanie serwatki zawierającej większą część laktozy mleka, jednak ich późniejsze badania [31] nie potwierdziły tych wyników. Trzeba tu wziąć pod uwagę, że oprócz laktozy, również białko serwatki mogło wywierać wpływ na poziom cholesterolu [39]. Hipocholesterolemicznego działania laktozy nie potwierdziły doświadczenia Schneemana i in. [29]. O tym, że w tego

rodzaju badaniach oprócz składu dawki ważną rolę gra również czas trwania eksperymentu, świadczą wyniki uzyskane przez Hamiltona i Carrolla [18]. W doświadczeniu na królikach porównywali oni działanie sacharozy i laktozy, stwierdzając po 14 dniach, że zawartość cholesterolu w osoczu wynosiła w wypadku pierwszego cukru 100, a drugiego 140 mg/dl. Po następnych 14 dniach proporcje te uległy odwróceniu i poziom cholesterolu wynosił odpowiednio 185 i 135 mg/dl.

Wczesne prace nad wpływem skrobi na poziom cholesterolu dawały również sprzeczne wyniki. W badaniach Kritchevsky'ego i in. [23] skrobia miała działanie hipocholesterolemiczne, natomiast Malmros [25] otrzymał odmienne wyniki. Trudno określić przyczynę tych różnic, ponieważ autorzy niestety nie podali rodzaju badanych skrobi. Tymczasem późniejsze doświadczenia wykazały znaczne różnice między skrobiami pochodzącymi z różnych surowców roślinnych. Już w 1976 roku Hamilton i Carroll [18] w doświadczeniu na królikach stwierdzili, że spośród badanych węglowodanów najbardziej hipercholesterolemiczna była skrobia pszenna, podnosząca poziom cholesterolu we krwi do 200 mg/dl, podczas gdy w wypadku skrobi ziemniaczanej poziom ten wynosił tylko 95 mg/dl. Identyczne wyniki uzyskali na szczurach Falconer i Carroll [11]. W tym wypadku zawartość cholesterolu w osoczu krwi szczurów otrzymujących skrobię pszenną wynosiła 77, a skrobię ziemniaczaną 45 mg/dl.

Hipercholesterolemiczne działanie pszenicy potwierdza doświadczenie Illmana i in. [21]. Otrzymane przez nich wyniki sugerują hipercholesterolemiczne działanie otrąb pszennych i całego ziarna pszenicy, ale biała mąka pszenna, zawierająca prawie czystą skrobię, obniżała zawartość cholesterolu we krwi szczurów. Zastosowane dawki różniły się jednak zawartością sacharozy i kazeiny, tak więc różnice mogły, przynajmniej częściowo, być rezultatem działania cukru lub białka.

Wang i McIntosh [38] badali wpływ nasion roślin strączkowych na poziom cholesterolu we krwi szczurów, stosując jako źródło węglowodanów sacharozę lub ekstrudowane ziarno pszenicy. Niezależnie od rodzaju użytych nasion szczury otrzymujące pszenicę miały zawsze znacznie podwyższony cholesterol. Sami jednak autorzy przyznają, że trudno orzec, czy był to wpływ skrobi czy białka. Nie można również wykluczyć wpływu ekstruzji na właściwości ziarna pszenicy.

W przeciwieństwie do białek, których działanie na metabolizm lipidów tłumaczy się różnicami w ich strawości, różnym stopniem fosforylacji, a także różnicami w składzie aminokwasowym, które mają wpływ na mechanizmy fizjologiczne organizmu, różne skrobie działają przede wszystkim w samym przewodzie pokarmowym. Działanie to może polegać na ich wpływie na strawność i wchłanianie innych składników pokarmu. Tak na przykład, pomimo że skrobia grochu i kukurydzy mają ostatecznie tę samą strawność w jelicie cienkim [36], to jednak ta druga jest trawiona szybciej, co ma wpływ na szybkość trawienia i wchłaniania innych substancji pokarmowych, m.in. aminokwasów. Niższe tempo trawienia skrobi może obniżać poziom glukozy i insuliny we krwi po posiłku [7]. O wpływie strawności skrobi na

przemianę cholesterolu i trójglicerydów świadczą badania Pacheco-Delahaye i in. [28]. W doświadczeniu na szczurach przy użyciu egzotycznych skrobi stosowanych w pokarmach w Południowej Ameryce stwierdzono częściową zależność między ich strawnością a poziomem cholesterolu oraz trójglicerydów we krwi. Skrobia o najniższej strawności warunkowała ich najniższy poziom w osoczu, ale skrobia o strawności najwyższej (kukurydziana) nie dawała poziomu najwyższego, a uzyskane wyniki lokowały ją w środku tabeli. Autorki podkreślają, że działanie pierwszej skrobi jest zbliżone do działania skrobi odpornej na amylazę i włókna.

Działanie włókna

Tak zwane włókno pokarmowe (ang. dietary fibre) są to, według definicji zamieszczonej w amerykańskiej Encyklopedii Żywienia i Technologii Żywności [10], „składniki dawki pochodzenia roślinnego odporne na działanie enzymów trawiennych przewodu pokarmowego człowieka” (i dodajmy zwierząt nieprzeżuwających). „Są nimi głównie polisacharydy nieskrobiowe, ligniny, a także niestrawne białka strukturalne”. W końcowych odcinkach przewodu pokarmowego stymuluje ono procesy fermentacyjne, w wyniku czego powstają krótkołańcuchowe kwasy organiczne, głównie octowy, propionowy i masłowy, a także mlekowy. Istnieją dane wskazujące, że niektóre z tych kwasów, zwłaszcza propionowy, mogą obniżać wytwarzanie cholesterolu w wątrobie [3].

Przeprowadzone badania wskazują, że wysokie spożycie włókna jest ujemnie skorelowane z występowaniem choroby wieńcowej, przy czym pozytywne działanie wydaje się wywierać głównie włókno pochodzące ze zbóż, choć — jak wspomniano wcześniej — może to nie dotyczyć pszenicy [21]. Gerhardt i Gallo [17] stwierdzili znaczny spadek poziomu cholesterolu we krwi pacjentów z umiarkowaną hipercholesterolemią po podaniu im otrąb ryżowych i owsianych. Podobne wyniki w doświadczeniu na szczurach uzyskali Hicks i in. [20] — tu otręby owsiane zapobiegły hipercholesterolemii wywołanej sztucznie przez dodatek cholesterolu do dawki. Wpływ włókna jęczmienia i owsa na metabolizm lipidów u ludzi i zwierząt został wcześniej omówiony przez Bartnikowską i Rakowską [2].

Należy jednak pamiętać, że otręby zawierają pewne ilości olejów roślinnych bogatych w nienasycone kwasy tłuszczowe, mające jak wiadomo działanie hipcholesterolemiczne. O możliwości ich wpływu na wyniki doświadczeń świadczą rezultaty otrzymane przez Newmana i in. [26], badających na kurczętach wpływ otrąb ryżowych zawierających około 18% tłuszczu i tych samych otrąb odtłuszczonych do zawartości tłuszczu 0,4%. Zawartość cholesterolu w surowicy krwi kurcząt otrzymujących otręby nie odtłuszczone wynosiła 411 mg/dl, a odtłuszczone 460 mg. W wypadku cholesterolu frakcji LDL wartości te wynosiły odpowiednio 249 i 318 mg/dl. W obu wypadkach różnice były istotne statystycznie.

Różne rodzaje włókna w różny sposób oddziałują na przemiany cholesterolu. Główną rolę wydają się tu odgrywać ich własności fizyczne: rozpuszczalność i lepkość. Wyniki większości prac wskazują na hipocholesterolemiczne działanie włókna rozpuszczalnego i brak reakcji na włókno nierozpuszczalne. Anderson i in. [1], badając 10 różnych rodzajów włókna, stwierdzili obniżenie ilości cholesterolu we krwi i w wątrobach szczurów otrzymujących włókna rozpuszczalne, takie jak gumy z guaru i owsa oraz pektyny. U szczurów otrzymujących celulozę i otręby owsiane, a zwłaszcza ryżowe, brak było takiej reakcji. Jak widać, wyniki te różnią się znacznie od cytowanych wyżej rezultatów Gerhardta i Gallo [17], być może jednak szczury reagują na otręby inaczej niż ludzie. Z drugiej strony Hicks i in. [20] stwierdzili hipocholesterolemiczne działanie otręb owsianych (a także celulozy), używając podobnych dawek z dodatkiem cholesterolu. Trudno orzec, co mogło zdecydować o rozbieżności uzyskanych wyników.

W wypadku włókna rozpuszczalnego ważną rolę może grać jego lepkość [32]. Favier i in. [12] porównywali wpływ gumy guarowej o niskiej i wysokiej lepkości na poziom lipidów we krwi szczurów. Guma o niskiej lepkości powodowała nieco wyższą produkcję kwasu propionowego w jelicie grubym niż gumy o dużej lepkości (odpowiednio 80 i 51 mmol/l), lecz ta druga powodowała większe wydalanie kwasów żółciowych i była bardziej hipocholesterolemiczna. Mechanizm, dzięki któremu hydrokolid o dużej gęstości redukuje lipogenezę w stopniu większym niż taki związek o niższej gęstości, polegał prawdopodobnie na zmianie wydzielania insuliny [24]. O podobnym zjawisku wspomniano przy omawianiu różnego rodzaju skrobi [7]. Innym wytłumaczeniem może być stwierdzenie w doświadczeniu Faviera i in. [12] większy wzrost aktywności reduktazy hydroksymetyloglutarylo koenzymu A, enzymu biorącego udział w syntezie cholesterolu w wypadku gumy o wyższej lepkości (o 119%) niż o niższej lepkości (tylko o 57%). Zdaniem autorów hipocholesterolemiczne działanie węglowodanów ulegających fermentacji w przewodzie pokarmowym jest wynikiem zarówno zwiększonego wydalania kwasów żółciowych, jak i hamowania lipogenezы w wątrobie przez powstające lotne kwasy tłuszczowe. Mogą one zresztą wpływać również na zwiększenie wydalania kwasów żółciowych, zmniejszając ich rozpuszczalność [16]. Zwiększone wydalanie kwasów żółciowych, czy to w wyniku adsorpcji na włóknie, czy zmniejszonej rozpuszczalności, redukuje ich ilość wracającą do wątroby, co może wpływać na aktywność enzymu regulującego utlenianie cholesterolu do kwasów żółciowych (hydrolazy 7- α -cholesterolowej) [13]. Mechanizm ten jest jednak obecnie kwestionowany [15].

Choć, jak wcześniej wspomniano, istnieje wiele danych świadczących, że rozpuszczalne formy włókna obniżają poziom cholesterolu [9, 32], nie brak również wyników świadczących o czymś wręcz przeciwnym. I tak, Trautwein i in. [33, 34] nie stwierdzili wyraźnego wpływu pektyn i gumy guarowej na poziom cholesterolu u chomików.

Wydaje się, że główną przyczyną tych rozbieżności mogą być różnice w składzie dawek pokarmowych stosowanych w różnych doświadczeniach. Znaczną rolę może tu grać dodatek cholesterolu, którego ilość w dawce zmienia metaboliczną odpowiedź organizmu na różne rodzaje włókna [14]. W badaniach Nicolosi i in. [27] stosunkowo drobne różnice w dawkach pokarmowych, tj. nieoczyszczonej (handlowa pasza Purina 5001) i półsyntetycznej, których skład podstawowy był niemal identyczny, powodowały u chomików duże różnice w zawartości lipoproteidów i witaminy E w osoczu oraz w ilości wczesnych wypadków miażdżycy. Podobnie Vanhoof i De Schriver [37] stwierdzili, że działanie odpornej skrobi na metabolizm cholesterolu jest inne, gdy dodaje się ją do paszy standardowej, a inne w wypadku dawki syntetycznej. Mogło to, zdaniem autorów, być wynikiem maskowania jej wpływu przez stosunkowo wysoką zawartość włókna w dawce konwencjonalnej.

Podsumowanie

Podsumowując omówione badania, można stwierdzić, że znaczne zróżnicowanie warunków doświadczeń (różne dawki, różne zwierzęta, różny czas trwania eksperymentów) bardzo utrudniają wyciągnięcie jednoznacznych wniosków. Pomimo to można zaobserwować wyraźnie rysujące się tendencje. I tak, skrobia pszenna wydaje się mieć działanie hipercholesterolemiczne w porównaniu ze skrobią ziemniaczną, ryżową i kukurydzianą. Rozpuszczalne formy włókna, takie jak gumy czy pektyny, obniżają poziom cholesterolu we krwi w porównaniu z formami nierozpuszczalnymi. Działania węglowodanów nie można również rozpatrywać w oderwaniu od pozostałych składników dawki, zwłaszcza tłuszczu i białka.

Literatura

- [1] Anderson J.W., Jones A.M., Riddel-Mason S. 1994. Ten different dietary fibres have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. *J. Nutr.* 124: 78–83.
- [2] Bartnikowska E., Rakowska M. 1994. Wpływ włókna z owsa i jęczmienia na metabolizm lipidów u zwierząt i ludzi. *Biul. IHAR* 190: 67–76.
- [3] Berggren A.M., Nyman A.M., Lundquist I., Bjorck I.M. 1996. Influence of orally and rectally administered propionate on cholesterol and glucose metabolism in obese rats. *Br. J. Nutr.* 76: 287–294.
- [4] Beyer S. 1991. Efforts to reduce the cholesterol content of eggs and poultry meat. *Proc. Georgia Nutr. Confer. Feed Industry*: 115–127.
- [5] Botham K.M., Bravo E. 1995. The role of lipoprotein cholesterol in biliary steroid secretion. Studies with in vivo experimental models. *Prog. Lipid Res.* 34: 71–97.

- [6] Burkitt D.P., Walker A.R.P., Painter N.S. 1974. Dietary fiber and disease. *JAMA* 229: 1068–1074.
- [7] Cummings J.H., Englyst H.N. 1995. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *Amer. J. Clin. Nutr.* 61: 930S–945S.
- [8] Dawber T.R., Meadors G.F., Moore F.E. 1951. Epidemiological approaches to heart disease: The Framingham Study. *Am. J. Public Health* 41: 279–286.
- [9] Demigne C., Levrat M.A., Behr S.R., Moundras C., Remesy C. 1998. Cholesterol-lowering action of guar gum in the rat: changes in bile acids and sterols excretion and in enteropathic cycling of bile acids. *Nutr. Res.* 18: 1215–1225.
- [10] Dunn M.R.C. 1993. Dietary fiber. W: Macrae R., Robinson R.K., Sadler M.J. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Academic Press, Harcourt Jovanovich, Publishers London San Diego New York: 1362–1387.
- [11] Falconer A.D., Carroll K.K. 1979. Effect of dietary carbohydrate on cholesterol metabolism in rats and rabbits. *Can. J. Biochem.* 57: 645–649.
- [12] Favier M.L., Bost P.E., Guittard C., Demigne C., Remesy C. 1997. Reciprocal influence of fermentations and bile acid excretion on cholesterol-lowering effect of fermentable carbohydrate. *J. Nutr. Biochem.* 8: 127–132.
- [13] Fernandez M.L. 1995. Distinct mechanisms of plasma LDL lowering by dietary fibre in the guinea pig: specific effects of pectin, guar gum and psyllium. *J. Lipid Res.* 36: 2394–2404.
- [14] Fernandez M.L., McNamara D.J. 1994. Dietary fat saturation and chain length modulate guinea pig hepatic cholesterol metabolism. *J. Nutr.* 124: 331–339.
- [15] Fukushima K., Ichimiya H., Higa-Shijima H., Yamashita H., Kuroki S., Chijiwa K., Tanaka M. 1995. Regulation of bile acid synthesis in the rat: relationship between hepatic cholesterol 7 alpha-hydroxylase activity and portal bile acids. *J. Lip. Res.* 36: 315–321.
- [16] Gelissen I., Eastwood M.A. 1995. Taurocholic adsorption during non-starch polysaccharide fermentation: an *in vitro* study. *Br. J. Nutr.* 74: 221–228.
- [17] Gerhardt A.L., Gallo N.B. 1998. Full-fat rice bran and oat bran sinilarly reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.* 128: 865–869.
- [18] Hamilton R.N.G., Carroll K.K. 1976. Plasma cholesterol levels in rabbits fed low fat, low cholesterol diet. *Atherosclerosis* 24: 47–62.
- [19] Hanczakowski P. 1998. Wpływ rodzaju spożytego białka na zawartość cholesterolu we krwi. *Post. Nauk. Rol.* 45/50, (1/271): 91–98.
- [20] Hicks V., Chen S.C., Tepper S.A., Kritchevsky D. 1995. The cholesterol-lowering effect of oat bran cereals in rats: influence of processing. *J. Nutr. Biochem.* 6: 246–249.
- [21] Illman R.J., Storer G.B., Topping D.L. 1993. White wheat flour lowers plasma cholesterol and increases cecal steroids relative to whole wheat, wheat bran and wheat pollard in rat. *J. Nutr.* 123: 1094–1100.
- [22] Kris-Etherton P.M., Krummer R.D., Russel M.E., Dreon D., Mackey M.S., Borchers J., Wood P.D. 1998. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins, and coronary heart disease. *J. Am. Diet. Assoc.* 88: 1373–1400.
- [23] Kritchevsky D., Sallata P., Tepper S.A. 1968. Experimental atherosclerosis in rabbits fed cholesterol free diet. Part 2. Influence of various carbohydrates. *J. Atheroscler. Res.* 8: 697–701.

- [24] Leclere C.J., Champ M., Boillot J., Guille G., Lecannu G., Molis C., Borne F., Krempf M., Delort-Laval J., Galmiche J.P. 1944. Role of viscous guar gums in lowering the glycemic response after a solid meal. *Am. J. Clin. Nutr.* 59: 914–921.
- [25] Malmros H. 1969. Dietary prevention of atherosclerosis. *Lancet* II: 479.
- [26] Newman R.K., Betschart A.A., Newman C.F., Hofer P.J. 1992. Effect of full-fat or defatted rice bran on serum cholesterol. *Plant Food Hum. Nutr.* 42: 37–43.
- [27] Nocolasi R.J., Wilson T.A., Lawton C., Rogers E.J., Wiseman S.A., Tijburg L.B.M., Kritchevsky D. 1998. The greater atherogenicity of nonpurified diets versus semipurified diets in hamsters is mediated via differences in plasma lipoprotein cholesterol distribution, LDL oxidative susceptibility and plasma alpha-tocopherol concentration. *J. Nutr. Biochem.* 9: 591–597.
- [28] Pacheco Delahaye E., Sequera B., Herrera I. 1998. Plant starches and oils. Their influence on digestion in rats. *J. Sci. Fd Agric.* 77: 381–386.
- [29] Schneeman B.O., Rice R., Richter B.D. 1989. Reduction of plasma and hepatic triacylglycerides with whole-milk containing diets in rats. *J. Nutr.* 119: 965–970.
- [30] Stahelin H.B., Ritzel G., Wanner M., Jost M. 1980. Effect of whey on serum lipids in swine on high-fat and low-fat feed. *Int. J. Vit. Res.* 50: 203–204.
- [31] Stahelin H.B., Ritzel G., Wanner M., Jost M., Schneeberger H. 1981. Hypocholesterolemic effect of milk constituents in growing swine. *Int. J. Vit. Res.* 51: 198–200.
- [32] Terpstra A.H.M., Lapre J.A., de Vries H.T., Beynen A.C. 1998. Dietary pectin with high viscosity lowers plasma and liver cholesterol concentration and plasma cholesteryl ester transfer protein activity in hamsters. *J. Nutr.* 128: 1944–1949.
- [33] Trautwein E.A., Kunath-Rau A., Erbersdobler H.F. 1998a. Effect of different varieties of pectin and guar gum on plasma, hepatic and biliary lipids and cholesterol gallstone formation in hamsters fed on high-cholesterol diet. *Br. J. Nutr.* 79: 463–471.
- [34] Trautwein E.A., Rieckhoff D., Kunath-Rau A., Erbersdobler H.F. 1998b. Psyllium, not pectin or guar gum, alters lipoprotein and biliary bile acid composition and fecal sterol excretion in hamster. *Lipids* 33: 573–582.
- [35] Trowell H. 1972. Ischemic heart disease and dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.* 25: 926–932.
- [36] van der Meulen J., Bakker J.G., Smits B., de Visser H. 1997. Effect of source of starch on net portal flux of glucose, lactate, volatile fatty acids and aminoacids in the pig. *Br. J. Nutr.* 78: 533–544.
- [37] Vanhoof K., De Schrijver R. 1998. The influence of enzyme resistant starch on cholesterol metabolism in rats fed on a conventional diet. *Br. J. Nutr.* 80: 193–198.
- [38] Wang Y.H.A., McIntosh G.H. 1996. Extrusion and boiling improved rat body weight gain and plasma cholesterol lowering ability of peas and chick peas. *J. Nutr.* 126: 3054–3062.
- [39] Zhang X., Beynen A.C. 1993. Lowering effect of dietary milk-whey protein v. casein on plasma and liver cholesterol concentration in rats. *Br. J. Nutr.* 70: 139–146.

Effect of dietary carbohydrates on cholesterol level in blood

Key words: cholesterol, carbohydrates, fibre

Summary

Dietary carbohydrates may affect in different extent the cholesterol level in animal tissues. There is no conclusive evidence regarding the effect of mono- and disaccharides on cholesterol metabolism. The effect of starch depends on the type of plant of origin. A vast body of experimental evidence indicates that the potato starch is hypo- while the wheat starch is hypercholesterolemic. The cholesterolemic effect of starches is probably connected with the changes in rates of food passage through the alimentary tract. Soluble fibres (gums, pectins) are more hypocholesterolemic than the cellulose. Cholesterolemic effect of fibres is probably related to increased excretion of bile acids and reduced cholesterol synthesis by short chain fatty acids originated as a result of fibre fermentation in large intestine.

*Adres do korespondencji:
prof. dr hab. Piotr Hanczakowski
Zakład Żywienia Zwierząt
Instytut Zootechniki
32-083 Balice*