

EWA LANGE

Katedra Dietetyki i Żywności Funkcjonalnej
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Wpływ ekstrudowanych przetworów z owsa nagoziarnistego na zawartość tłuszczu w żołądku i lipamię poposiłkową u szczurów

Influence of extruded naked oat products on fat and cholesterol concentration in astric contents and postprandial lipemia in rats

Wcześniejsze badania wykazały, że śruta owsa nagoziarnistego, jak również jej ekstrudaty hamują zwiększanie się stężenia cholesterolu całkowitego w osoczu krwi u szczurów na diecie bogatej w tłuszcz i cholesterol. Celem pracy było prześledzenie i porównanie wpływu zrazików zbożowo-warzywnych z dodatkiem ekstrudatu z owsa nagoziarnistego oraz bułki pszennej na zaleganie tłuszczu i cholesterolu w żołądku i lipamię poposiłkową u szczurów. Zwierzęta podzielono na dwie grupy, pierwsza otrzymała posiłek testowy zawierający ekstrudat owsiany (33%), druga zawierający bułkę pszenną (33%). Zawartość tłuszczu (31%) i włókna pokarmowego (2,65%) oraz skład puli kwasów tłuszczowych był zbliżony w obydwu posiłkach testowych. Po okresie wstępnym cztery zwierzęta uśpiono w warunkach na czczo, a w ciągu 7 godzin po spożyciu posiłku testowego, co godzinę usypiano po trzy losowo wybrane zwierzęta z obu grup, po czym pobierano krew z serca na oznaczenie triglicerydów i cholesterolu oraz wypreparowywano żołądek w celu oznaczenia zawartości tłuszczu w pozostałej w nim treści pokarmowej. Ekstrudat z owsa nagoziarnistego hamował przechodzenie tłuszczu, tym głównie nasyconych kwasów tłuszczowych z żołądka do dwunastnicy i opóźniał pojawienie się maksymalnego stężenia triglicerydów we krwi u szczurów. Jednak dodatek ekstrudatu z owsa nagoziarnistego do zrazików zbożowo-warzywnych nie wpływał, ani na zaleganie cholesterolu w żołądku, ani na skład puli kwasów tłuszczowych osocza krwi u szczurów.

Słowa kluczowe: absorpcja tłuszczu, lipemia poposiłkowa, owies nagoziarnisty, szczury

In previous studies we observed that raw bruised naked oat and its extrudates decreased plasma total cholesterol in rats fed diet rich in fat and cholesterol. Size and composition of meals determine magnitude of the postprandial lipemia, which may determine further lipid metabolism. The aim of the study was to investigate and compare the influence of addition of naked oat extrudate and breadcrumbs to the vegetarian chop on the fat and cholesterol gastric emptying rate and postprandial lipemia in rats. Both meals used in this experiment, with oat and with breadcrumbs, contained the same amount and quality of fat (31%) and dietary fiber (2.65%). The stomach and the intestine were dissected from 4 rats in fasting state and from 3 rats of both groups after each hour after meal consumption (from 1 to 7 hour) to determine total fat, its fatty acids pool and cholesterol in gastric contents. At the same time the blood samples were collected to determine plasma triglycerides, fatty acids pool and total cholesterol.

Inclusion of naked oat extrudate into the test meal inhibited fat, especially saturated fatty acids, gastric emptying and delayed increasing of triglycerides concentration in plasma after meal. However, addition of the naked oat extrudate into vegetarian chop changed neither cholesterol gastric emptying rate nor plasma fatty acids pool.

Key words: fat absorption, naked oat, postprandial lipemia, rats

WSTĘP

Wskaźniki przemiany lipidowej w osoczu najczęściej oznacza się na czczo, tj. po około 14 godzinach od ostatniego posiłku. Zwiększone stężenie cholesterolu całkowitego i cholesterolu frakcji lipoprotein LDL oraz triglicerydów we krwi pobieranej na czczo są najważniejszymi niezależnymi czynnikami ryzyka powikłań miażdżycy jak zawał mięśnia sercowego, czy udar mózgu (Grundy in., 2000). Mieszkańcy krajów uprzemysłowionych pozostają przeciętnie przez 18 godzin w ciągu doby w stanie po posiłku (ang. postprandial), a zaburzenia w metabolizmie lipoprotein bezpośrednio po spożyciu posiłku stanowią również istotny czynnik progresji zmian miażdżycowych (Patsch, Braunsteiner, 1991; Bittner, 1994; McNamara i in., 1998). Zaburzenia lipemii poposiłkowej występują u osób z hiperlipidemią, otyłością androidalną, cukrzycą typu 2 (Mero i in., 2000; Watts, 2000; Couillard i in., 2002), jak również u osób ze stwierdzoną chorobą wieńcową, u których wskaźniki przemiany lipidowej oznaczane we krwi pobranej na czczo były prawidłowe (Meyer i in., 1996; Gronholdt i in., 1996; Björkegren i in., 2000), i u osób, których krewni I stopnia przebyli zawał mięśnia sercowego (Uterwaal i in., 1994; Tired i in., 2000). Poposiłkowe stężenie lipidów w osoczu krwi zależy od wielu czynników: płci, wieku, masy ciała, aktywności fizycznej, wielkości i składu posiłków oraz częstotliwości ich spożywania. Na poposiłkową lipemię ma wpływ przede wszystkim zawartość tłuszczu i włókna pokarmowego w posiłku oraz ich skład (Havel, 1997). Od 1963 roku, kiedy to de Groot i wsp. (1963) zaobserwowali, że płatki owsiane zmniejszają stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu krwi osób zdrowych przeprowadzono wiele badań nad wpływem produktów owsianych na gospodarkę lipidową u ludzi. Włączenie przetworów owsianych do diety zmniejsza stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu i zwiększa proporcję cholesterol HDL/ cholesterol LDL u zwierząt doświadczalnych, jak również u ludzi z zaburzeniami gospodarki lipidowej (Ripsin i in., 1992; Brown i in., 1999; Bartnikowska, Lange, 2000 a) Hipocholesteromiczny efekt, obserwowany po wzbogaceniu dziennej racji pokarmowej w przetwory owsiane przypisuje się najczęściej β -glukanom (Newman i in., 1989 a; Davidson i in., 1991). Hipocholesterolemiczne działanie β -glukanów zależy od ich rozpuszczalności w wodzie (Newman i in., 1989 b; Bengtsson i in., 1990). β -glukany o większym stopniu rozpuszczalności, zwiększając lepkość treści pokarmowej, zmniejszają wchłanianie tłuszczu i cholesterolu oraz reabsorbują kwasów żółciowych powodując zwiększenie ich wydalania z kałem (Zhang i in., 1992). W odpowiedzi na wiązanie cholesterolu pokarmowego oraz kwasów żółciowych w świetle jelita, cholesterol syntetyzowany w wątrobie kierowany jest głównie do produkcji kwasów żółciowych i znacznie mniejsza jego ilość jest dostępna dla syntezy lipoprotein.

Z uwagi na zdolność zmniejszania stężenia cholesterolu we krwi w styczniu 1997 roku Food and Drug Administration w USA zatwierdziło oświadczenie zdrowotne, które można zamieszczać na etykietach przetworów owsianych: „Rozpuszczalne składniki włókna z przetworów owsianych, jako część diety ubogiej w tłuszcze nasycone i cholesterol może zmniejszać ryzyko zawału serca” (Bell i in., 1999).

Wcześniejsze badania wykazały, że śruta owsa nagoziarnistego, jak również jej ekstrudaty hamują zwiększanie się stężenia cholesterolu całkowitego w osoczu krwi u szczurów na diecie bogatej w tłuszcz i cholesterol (Bartnikowska, Lange, 2000 b).

Postanowiono sprawdzić, czy włączenie ekstrudatu z owsa nagoziarnistego do posiłku będzie miało wpływ na lipamię poposiłkową u szczurów.

Celem niniejszej pracy było prześledzenie i porównanie wpływu zrazików zbożowo-warzywno z ekstrudatem owsa nagoziarnistego lub bułką pszenną na zaleganie tłuszczu i cholesterolu w treści żołądkowej oraz lipamię poposiłkową u szczurów.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu wykorzystano 46 rosnących samców szczurów rasy Wistar podzielonych na dwie grupy. Po okresie adaptacyjnym cztery szczury uśpiono przed podaniem posiłków testowych (po 14–16 godzinach postu), pozostałe zwierzęta podzielono na dwie grupy. Zwierzęta pierwszej grupy (eksperymentalnej) otrzymały zraziki zbożowo-warzywne zawierające ekstrudat z owsa nagoziarnistego (33%) i dodatek cholesterolu (1%), zaś zwierzęta drugiej grupy (kontrolnej) — zraziki zbożowo-warzywne z bułką pszenną (33%) i cholesterolem (1%). Zawartość tłuszczu w zrazikach z ekstrudatem z owsa wynosiła 32,7 g/100g, a w zrazikach z bułką pszenną — 30,5 g/100 g. Proporcja kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA) do jednonienasyconych (MUFA) do wielonienasyconych (PUFA) w tłuszczu zrazików z ekstrudatem owsianym była: 15,7 : 25,9 : 57,7, a w tłuszczu zrazików z bułką pszenną — 15,7 : 25,7 : 58,4.

W ciągu 7 godzin po spożyciu posiłku testowego, co godzinę usypiano po trzy losowo wybrane zwierzęta z obu grup, pobierano krew z serca na oznaczenie cholesterolu całkowitego i triglicerydów, następnie szczury uśmiercano przez przerwanie rdzenia kręgowego i wypreparowywano żołądek w celu oznaczenia zawartości cholesterolu, tłuszczów i jego składu w treści żołądkowej.

Do przygotowania ekstrudatu wykorzystano owies nagoziarnisty odmiany Akt (13% s.m. białka, 9% s.m. tłuszczu, 2% s.m. włókna surowego) wyhodowanej w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Strzelcach.

Ekstrudat owsiany przygotowano na ekstruderze jednoślizakowym w Zakładzie Popiepszaczy Piekarskich, Ciastkarskich i Dietetycznych w Bydgoszczy, a koncentraty zrazików warzywno-zbożowych przygotowano w Centralnym Laboratorium Przemysłu Koncentratów Spożywczych w Poznaniu.

Zawartość tłuszczu w treści żołądkowej oznaczano metodą grawimetryczną. Skład puli kwasów tłuszczowych osocza, treści żołądkowej oraz zrazików zbożowo-warzywnych oznaczano metodą wysokosprawnej chromatografii gazowej.

Cholesterol i triglicerydy w osoczu krwi oznaczano metodą enzymatyczną wykorzystując zestaw odczynnikowy firmy Bio-Merieux.

Dla porównania zmian badanych parametrów po spożyciu posiłków testowych zastosowano analizę regresji. Porównanie krzywych regresji wykonano metodą R. Elandt (1958) przy użyciu programu komputerowego REGLAND. Poziom istotności różnic przyjęto jako $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

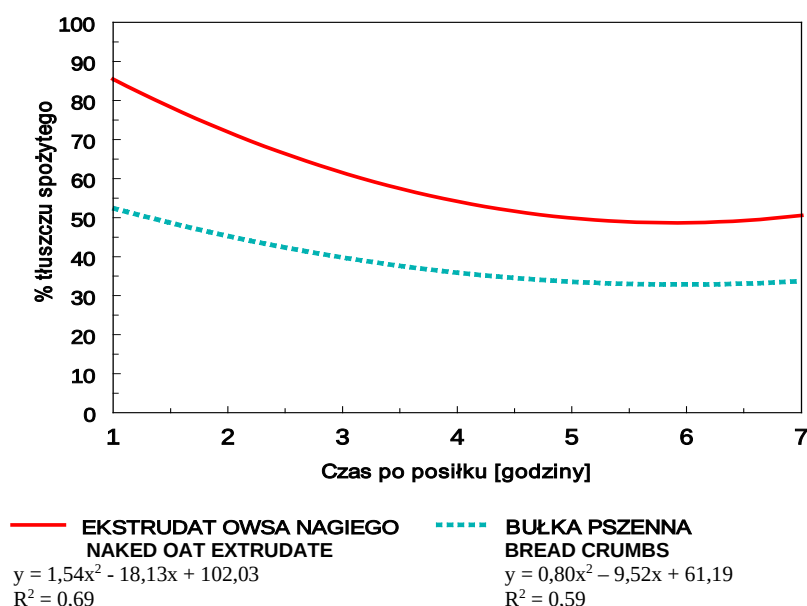
Spożycie tłuszczu i cholesterolu u zwierząt obydwu grup (eksperymentalnej i kontrolnej) było podobne (tab. 1).

Tabela 1

Masa ciała szczurów oraz spożycie zrazików bezmięśnych z ekstrudatem owsianym lub bułką pszenną i z dodatkiem cholesterolu
Body mass and consumption of vegetarian chops with naked oat extrudate or breadcrumbs with cholesterol by rats

	Zwierzęta uśpione na czczo Rats in a fasting state	Zwierzęta, które spożyły zraziki z ekstrudatem owsa Rats fed meal with oat extrudate	Zwierzęta, które spożyły zraziki z bułką pszenną Rats fed meal with bread crumbs
Liczebność zwierząt w grupie (n) Number of rats (n)	4	21	21
Masa ciała (g) Body mass (g)	159 ± 4	166 ± 8	165 ± 4
Masa spożytego posiłku testowego (g) Mass of test meal (g)	—	7 ± 1	8 ± 1
Spożycie tłuszczu (g) Consumption of fat (g)	—	2,3 ± 0,5	2,3 ± 0,4
Spożycie cholesterolu (mg) Consumption of cholesterol (mg)	—	70 ± 14	78 ± 13

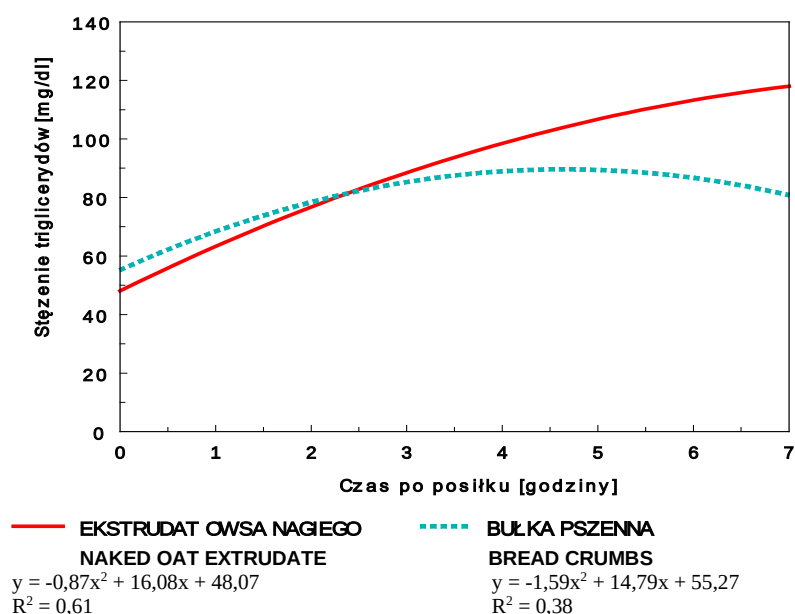
Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian zawartości tłuszczu w treści żołądkowej po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsianym lub z bułką pszenną były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,18$; $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$). To oznacza, że zawartość tłuszczu w treści żołądkowej u szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych zmieniała się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 1). Nie zaobserwowano różnic między krzywymi regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,23$, $F_{\text{obl.}} = 2,95$; $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$). Oznacza to, że przebieg zmian zawartości tłuszczu w treści żołądkowej u szczurów po spożyciu obu posiłków testowych nie różnił się istotnie ($p < 0,05$). Natomiast wyrazy wolne krzywych regresji kwadratowej różniły się istotnie ($F_{\text{tabl.}} = 2,84$; $F_{\text{obl.}} = 27,13$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że w czasie 7 godzin po spożyciu posiłku testowego z ekstrudatem owsianym zawartość tłuszczu w treści żołądkowej była istotnie wyższa niż po spożyciu zrazików z bułką pszenną ($p \leq 0,05$) (rys. 1). Tłuszcz zawarty w posiłkach ze zrazikami z ekstrudatem owsianym dłużej zalegał w żołądku.



Rys. 1. Dynamika zmian zawartości tłuszczu w treści żołądkowej u szczurów po spożyciu zrazików bezmięśnych z ekstrudatem z owsa lub bułką pszenną $y = ax^2 + bx + c$

Fig. 1. Dynamics of changes in fat concentration in gastric contents in rats fed vegetarian chops with naked oat extrudate or bread crumbs

Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian stężenia triglicerydów w osoczu szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,15$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), tj. stężenie triglicerydów w osoczu szczurów po spożyciu posiłków testowych zmieniało się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 2). Zaobserwowano również istotne różnice między równaniami krzywych regresji kwadratowej ($F_{\text{tabl.}} = 3,18$, $F_{\text{obl.}} = 4,04$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że przebieg zmian stężenia triglicerydów w osoczu szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych różnił się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 2). Zaobserwowano także istotne różnice między wyrazami wolnymi krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 2,79$, $F_{\text{obl.}} = 3,72$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że stężenie triglicerydów w osoczu po spożyciu posiłku z ekstrudatem owsianym i posiłku z bułką pszenną różniło się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 2). Dodatkowo wykonana analiza wariancji wykazała, że po 2 godzinach po spożyciu posiłku testowego składającego się ze zrazików z ekstrudatem owsianym stężenie triglicerydów w osoczu było istotnie mniejsze, a po 5 i 6 godzinach istotnie większe niż u szczurów, które spożyły posiłek testowy ze zrazików z bułką pszenną ($p \leq 0,05$).



Rys. 2. Dynamika zmian stężenia triglicerydów w osoczu krwi u szczurów po spożyciu zrazików bezmięśnych z ekstrudatem z owsa lub bułką pszenną $y = ax^2 + bx + c$
Fig. 2. Dynamics of changes in plasma triglycerides in rats fed vegetarian chops with naked oat extrudate or bread crumbs

Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian udziału nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych tłuszczu treści żołądkowej po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsa lub z bułką pszenną były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,18$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), czyli udział nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych tłuszczu treści żołądkowej po spożyciu każdego z posiłków testowych zmieniał się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 3). Zaobserwowano istotne różnice między równaniami krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,23$, $F_{\text{obl.}} = 6,51$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$) — przebieg zmian udziału nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych w treści żołądkowej u szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych różnił się istotnie ($p \leq 0,05$). Także wyrazy wolne krzywych regresji różniły się istotnie ($F_{\text{tabl.}} = 2,84$, $F_{\text{obl.}} = 6,85$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że udział nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych tłuszczu treści żołądkowej po posiłku testowym z ekstrudatem owsianym był istotnie wyższy niż u szczurów, które otrzymały posiłek testowy z bułką pszenną ($p \leq 0,05$) (rys. 3).

Udział jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) w puli kwasów tłuszczowych treści żołądkowej zmieniał się istotnie jedynie po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsa ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,18$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$) ($p \leq 0,05$). Nie zaobserwowano różnic między krzywymi regresji, natomiast wyrazy wolne krzywych regresji kwadratowej różniły się istotnie ($F_{\text{tabl.}} = 2,84$, $F_{\text{obl.}} = 6,91$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co wskazuje, że udział MUFA w frakcji tłuszczowej treści żołądkowej w czasie po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsianym był wyższy niż po spożyciu zrazików z bułką pszenną ($p \leq 0,05$) (rys. 3).

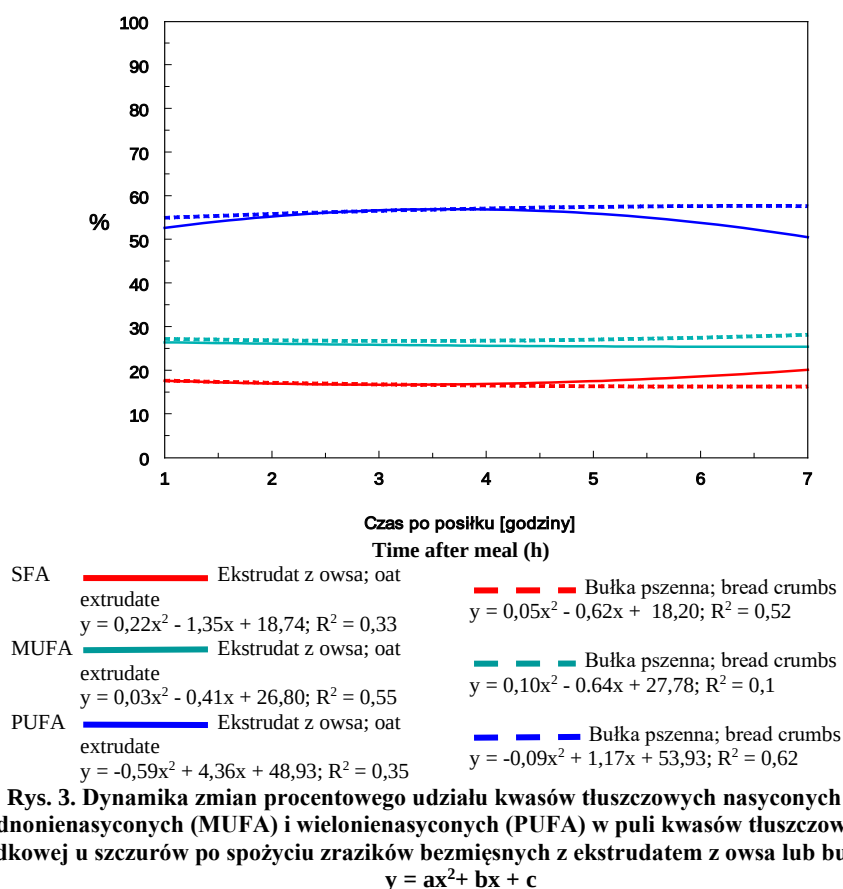
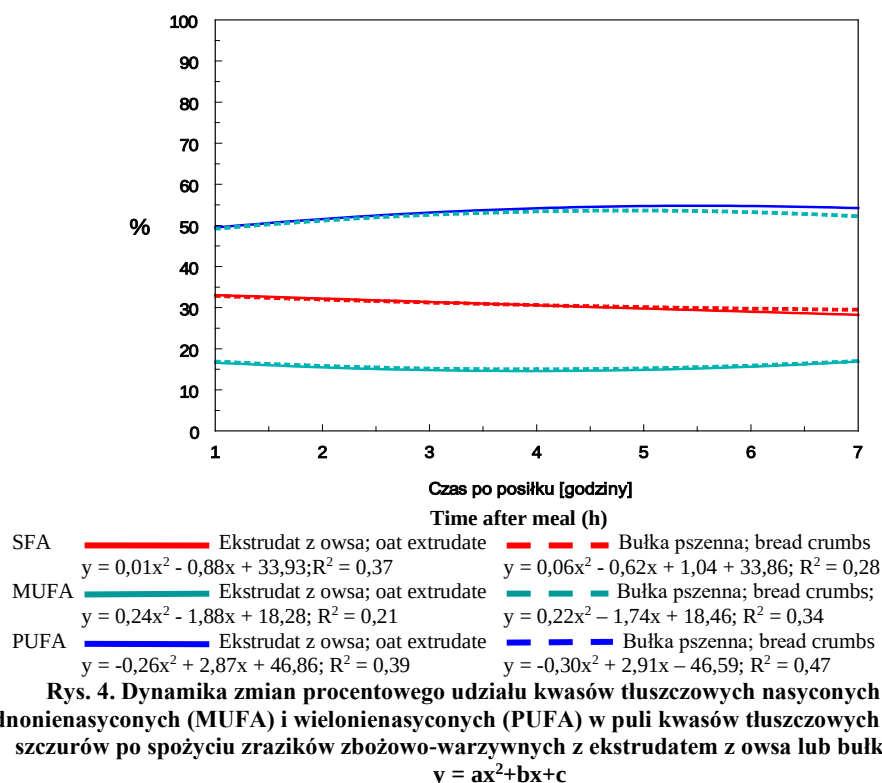


Fig. 3. Dynamics of changes in percentage contribution of saturated, mono- and polyunsaturated fats in the pool of fatty acids in gastric contents in rats fed vegetarian chops with naked oat extrudate or bread crumbs

Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian udziału wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w puli kwasów tłuszczowych treści żołądkowej u szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,18$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), czyli udział PUFA w puli kwasów tłuszczowych treści żołądkowej u szczurów po spożyciu posiłków testowych zmieniał się istotnie ($p \leq 0,05$). Zaobserwowano istotne różnice między różnicami krzywymi regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,23$, $F_{\text{obl.}} = 5,66$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że przebieg zmian udziału PUFA w puli kwasów tłuszczowych treści żołądkowej u szczurów po spożyciu obu posiłków testowych różnił się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 3). Zaobserwowano również istotnie między wyrazami wolnymi krzywych regresji kwadratowej ($F_{\text{tabl.}} = 2,84$, $F_{\text{obl.}} = 9,49$, $F_{\text{tabl.}} < F_{\text{obl.}}$), co wskazuje, że udział PUFA w puli kwasów tłuszczowych treści żołądkowej u szczurów po spożyciu posiłku testowego

z ekstrudatem owsianym był istotnie mniejszy niż w przypadku zwierząt, które spożyły zraziki z bułką pszenną ($p \leq 0,05$) (rys. 3).

Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian udziału nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych osocza u szczurów po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsa, jak i z bułką pszenną były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,16$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), czyli udział nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych osocza u szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych zmieniał się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 4).



Rys. 4. Dynamika zmian procentowego udziału kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA), jednonienasyconych (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) w puli kwasów tłuszczowych osocza krwi u szczurów po spożyciu zrazików zbożowo-warzywnych z ekstrudatem z owsa lub bułką pszenną

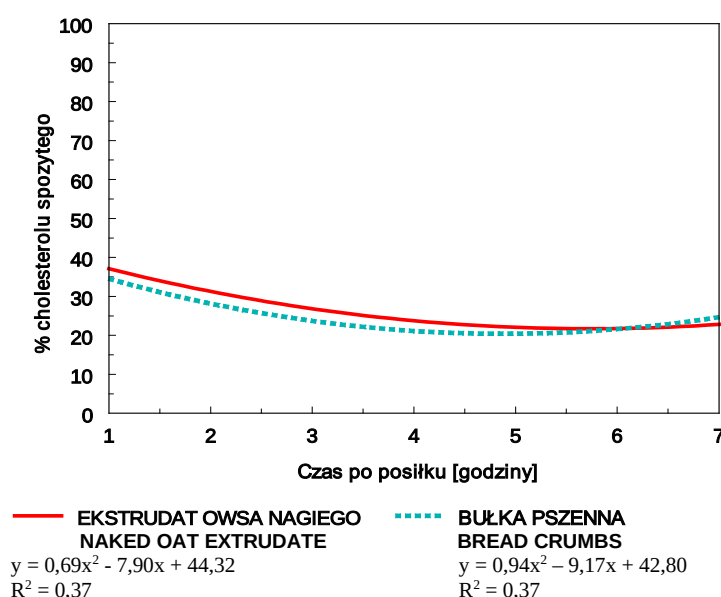
Fig. 4. Dynamics of changes in percentage contribution of saturated, mono- and polyunsaturated fats in the pool of plasma fatty acids in rats fed vegetarian chops with naked oat extrudate or bread crumbs

Nie zaobserwowano natomiast istotnych różnic między równaniami krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,18$, $F_{\text{obl.}} = 0,12$, $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$), ani między ich wyrazami wolnymi.

Podobnie równania regresji kwadratowej dotyczące zmian udziału MUFA i PUFA w puli kwasów tłuszczowych osocza były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,16$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), co oznacza, że udział monoenowych i polienowych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych osocza krwi szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych zmieniał się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 4). Nie zaobserwowano jednak istotnych różnic między

równaniami krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,18$, $F_{\text{obl.}} = 0,01$ i $F_{\text{obl.}} = 0,05$, $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$), ani między ich wyrazami wolnymi ($F_{\text{tabl.}} = 2,79$, $F_{\text{obl.}} = 0,08$ i $F_{\text{obl.}} = 0,09$, $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$).

Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian zawartości cholesterolu w treści żołądkowej po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsa lub z bułką pszenną były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,18$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), co oznacza, że zawartość cholesterolu w treści żołądkowej u szczurów w czasie 7 godzin po spożyciu każdego z posiłków testowych zmieniała się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 5). Nie zaobserwowano istotnych różnic między równaniami krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,23$, $F_{\text{obl.}} = 0,43$, $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że przebieg zmian zawartości cholesterolu w treści żołądkowej szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych nie różnił się istotnie. Nie zaobserwowano również istotnych różnic między wyrazami wolnymi krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 2,84$, $F_{\text{obl.}} = 0,63$, $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$), tzn., że zawartość cholesterolu w treści żołądkowej u szczurów w czasie po spożyciu posiłków testowych nie różniła się istotnie.

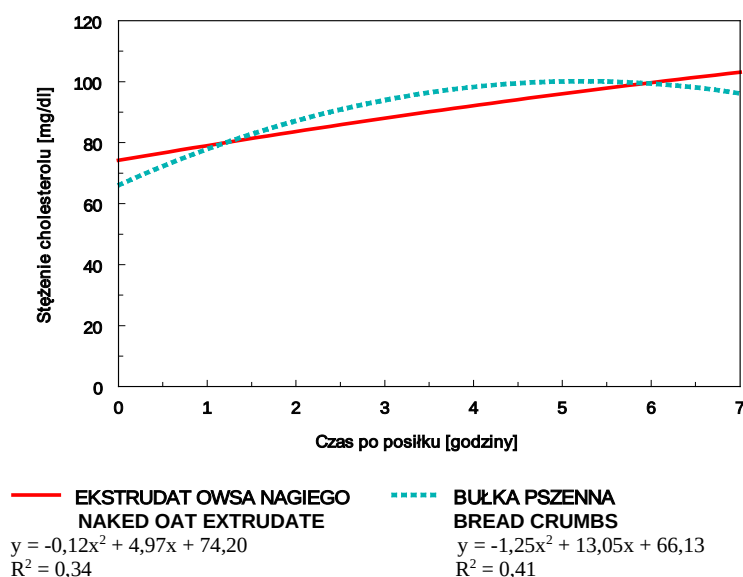


Rys. 5. Dynamika zmian zawartości cholesterolu całkowitego w treści żołądkowej u szczurów po spożyciu zrazików zbożowo-warzywnych z ekstrudatem z owsa lub bułką pszenną $y = ax^2 + bx + c$
Fig. 5. Dynamics of changes in cholesterol concentration in gastric contents in rats fed vegetarian chops with naked oat extrudate or bread crumbs

Równania regresji kwadratowej dotyczące zmian stężenia cholesterolu w osoczu u szczurów po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsa oraz z bułką pszenną były istotne statystycznie ($R^2_{\text{tabl.}} = 0,15$, $R^2_{\text{tabl.}} < R^2_{\text{obl.}}$), co wskazuje, że stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu krwi szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych zmieniało się istotnie ($p \leq 0,05$) (rys. 6). Analiza wariancji wykazała, że stężenie cholesterolu w osoczu u szczurów po 5, 6 i 7 godzinie po spożyciu zrazików z ekstrudatem

owsa było istotnie mniejsze niż u szczurów, które otrzymały zraziki z bułką pszenną ($p \leq 0,05$).

Porównanie przebiegu zmian badanych wskaźników po posiłku przy zastosowaniu analizy regresji (Elandt, 1958) nie wykazało istotnych różnic w przebiegu krzywych regresji ($F_{\text{tabl.}} = 3,18$, $F_{\text{obl.}} = 2,02$, $F_{\text{tabl.}} > F_{\text{obl.}}$), co oznacza, że mimo statystycznie istotnych różnic w stężeniu cholesterolu całkowitego w osoczu po 5, 6 i 7 godzinach po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsianym i zrazików z bułką pszenną przebieg zmian w stężeniu cholesterolu w osoczu nie różnił się istotnie.



Rys. 6. Dynamika zmian stężenia cholesterolu całkowitego w osoczu krwi u szczurów po spożyciu zrazików zbożowo-warzywnych z ekstrudatem z owsa lub bułką pszenną $y = ax^2 + bx + c$

Fig. 6. Dynamics of changes in plasma cholesterol concentration in rats fed vegetarian chops with naked oat extrudate or bread crumbs

DYSKUSJA WYNIKÓW

W czasie po posiłku nakładają się dwie drogi metabolizmu lipidów: endogenna, niezależna od dowozu tłuszczów z pożywieniem oraz przemiany lipidów pokarmowych (egzogennych). Ścieżki te wzajemnie się przeplatają i dlatego tłuszcze pokarmowe wywierają istotny wpływ na przemianę endogenną lipidów. W świetle jelita tłuszcze pokarmowe wchodzi w interakcję z innymi składnikami pożywienia, dlatego badania nad wpływem tłuszczów pokarmowych na metabolizm lipidów po spożyciu posiłku są niezmiernie trudne, a ich wyniki należy rozpatrywać z dużą ostrożnością. W doświadczeniach tego typu posiłki testowe zwykle różnią się zawartością tylko jednego składnika.

Rozpuszczalne w wodzie składniki włókna pokarmowego opóźniają opróżnianie żołądka oraz spowalniając pasaż treści jelitowej, opóźniają procesy trawienia tłuszczu (Vahouny i in., 1988; Ikeda i in., 1989; Dubois i in., 1993; Olson, Schneeman, 1998).

Krzywe regresji dotyczące zmian zawartości tłuszczu w treści żołądkowej, przedstawione na rysunku 1 wskazują, że tłuszcz zawarty w zrazikach z ekstrudatem z owsa nagoziarnistego zalegał dłużej w żołądku i wolniej przechodził z żołądka do dwunastnicy. Nie zaobserwowano jednak zmian zalegania w żołądku cholesterolu w zależności od rodzaju spożytego posiłku testowego (rys. 5).

Opóźnione opróżnianie się żołądka może zwalniać trawienie i powodować, że wchłanianie tłuszczu zachodzi w dystalnym odcinku jelita cienkiego, co w rezultacie zmienia przebieg poposiłkowej lipemii (Vahouny i in., 1988; Bergeron, Havel, 1997; Williams, 1998). Za ten efekt mogą być odpowiedzialne rozpuszczalne w wodzie składniki włókna pokarmowego, które poprzez tworzenie w świetle przewodu pokarmowego struktur żelowych wpływają na absorpcję tłuszczu oraz powodują zmiany morfologiczne w obrębie śluzówki jelita cienkiego (Imaizumi, Sugano, 1986; Ikeda i in., 1989), modyfikując skład oraz tempo pojawiania się we krwi wydzielanych w ścianie jelita chylomikronów. Chylomikrony powstające w dalszym odcinku jelita cienkiego są większe, bogatsze w triglicerydy, a uboższe w cholesterol i fosfolipidy (Imaizumi, Sugano, 1986). Modyfikacja składu chylomikronów wpływa na dalszą przemianę lipoprotein (Dubois i in., 1993; Sandström i in., 1994; Olson, Schneeman, 1998). Po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsianym stężenie triglicerydów w osoczu krwi zwiększało się powoli, z jednym przesunięciem w czasie wyraźnym pikiem. W czasie pierwszych 4 godzin po spożyciu posiłku przebieg krzywych lipemii u szczurów, które spożyły zraziki z ekstrudatem z owsa nagoziarnistego i u szczurów, które spożyły zraziki z bułką pszenną był podobny.

Wyniki badań nad wpływem przetworów owsianych na poposiłkową lipemii u osób zdrowych nie są jednoznaczne. Cara i wsp. (1992) zaobserwowali, że u zdrowych osób po spożyciu posiłku testowego z dodatkiem otręb owsianych lipemia poposiłkowa była mniejsza niż po posiłku niezawierającym włókna pokarmowego. Dubois i wsp. (1993) podobnie obserwowali istotne zmniejszenie stężenia triglicerydów u osób zdrowych po 2–3 godzinach po spożyciu posiłku z otrębami owsianymi w porównaniu do posiłku o małej zawartości włókna pokarmowego. Redard i wsp. (1990) oraz Dubois i wsp. (1995) zaobserwowali natomiast, że po spożyciu posiłku z dodatkiem otręb owsianych (12,8 g włókna pokarmowego w posiłku) lipemia poposiłkowa zwiększyła się w porównaniu do odpowiednich grup kontrolnych, które spożywały identyczny posiłek, ale bez dodatku otręb owsianych (2,8 g włókna pokarmowego w posiłku). Podobny efekt zaobserwowali Redard i wsp. (1992) Olson i wsp. (1998) u szczurów po posiłku testowym zawierającym otręby owsiane. Dubois i wsp. (1993) zaobserwowali również, że po spożyciu posiłku testowego z otrębami owsianymi następuje zmniejszone wydzielanie insuliny, co może zmniejszać lipolizę lipoprotein bogatych w triglicerydy.

Maksymalne stężenie triglicerydów we krwi pojawia się zwykle dopiero po 3–4 godzinach po posiłku (Gibney i in., 1991; Bittner, 1994; Havel, 1997). W trzeciej, czwartej godzinie po posiłku zaobserwowano pierwszy pik stężenia triglicerydów w osoczu krwi

u szczurów, które otrzymały zraziki z bułką pszenną. Po siedmiu godzinach po spożyciu przez zwierzęta zrazików z bułką pszenną zaobserwowano kolejny pik w stężeniu triglicerydów w osoczu krwi. Efekt pojawienia się po spożyciu posiłku testowego dwóch lub nawet trzech maksymalnych wartości jest często obserwowany (Gibney i in., 1991; Bittner, 1994). Stężenie poposiłkowe triglicerydów po około 6 godzinach po posiłku ubogim we włókno pokarmowe osiąga wartość 115–125% wartości na czczo, lecz po posiłkach zawierającym bardzo duże ilości tłuszczu stężenie triglicerydów we krwi po 6 godzinach jest o 40 nawet do 100% wyższe niż wartości wyjściowe na czczo (Bergron, Havel, 1997).

Przebieg zmian stężenia triglicerydów po spożyciu zrazików z ekstraktami owsianymi i zrazików z bułką pszenną w doświadczeniu własnym różnił się istotnie ($p \leq 0,05$). U szczurów po spożyciu zrazików z ekstraktami owsianymi zaobserwowano jeden bardzo znaczący wzrost stężenia triglicerydów w osoczu krwi w sześć godzin po posiłku, podczas, gdy u szczurów po spożyciu zrazików z bułką pszenną pik stężenia triglicerydów w osoczu nie był tak wyraźny i pojawił się wcześniej po 2 godzinach po spożyciu posiłku testowego i utrzymywał się na tym poziomie przez następne dwie godziny. Przesunięcie w czasie szczytu stężenia triglicerydów w osoczu po posiłku jak również spłaszczenie poposiłkowej krzywej lipemii to najczęstsze różnice w przebiegu poposiłkowej lipemii po spożyciu posiłku z niewielką i dużą zawartością włókna pokarmowego (Cara i in., 1992; Dubois i in., 1993; Bourdon i in., 1999).

Przebieg zmian udziału nasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych treści żołądkowej u szczurów po spożyciu zrazików z ekstraktami owsianymi oraz zrazików z bułką pszenną różnił się istotnie. Po spożyciu zrazików z ekstraktami owsianymi PUFA szybciej opuszczały żołądek, a nasycone i jednonienasycone kwasy tłuszczowe dłużej zalegały w żołądku niż po spożyciu zrazików z bułką pszenną.

Kwasy tłuszczowe krążące w osoczu pochodzą z różnych źródeł: są syntetyzowane w wątrobie i uwalniane do krążenia w lipoproteinach VLDL, pochodzą z lipolizy tłuszczów zapasowych, oraz dostają się do krążenia z frakcją chylomikronów wydzielaną po spożyciu posiłku. Skład puli kwasów tłuszczowych osocza jest więc wypadkową składu puli kwasów tłuszczowych z tych źródeł. Frakcja chylomikronów jest najbogatsza w tłuszcz i jej stężenie w osoczu zwiększa się istotnie po spożyciu posiłku. Tak więc skład puli kwasów tłuszczowych pożywienia w okresie po posiłku będzie wpływał istotnie na skład puli kwasów tłuszczowych osocza.

Zmiany udziału poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w osoczu u szczurów po spożyciu każdego z posiłków testowych były podobne. Po posiłkach testowych udział nasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych osocza zmniejszał się, zwiększał się natomiast udział PUFA; nie zaobserwowano jednak istotnego wpływu rodzaju spożywanego posiłku na przebieg tych zmian.

U osób bez zaburzeń gospodarki lipidowej zmiany w stężeniu cholesterolu w osoczu po posiłku są znacznie mniejsze niż zmiany w stężeniu triglicerydów i w znacznie mniejszym stopniu różnią się od wartości obserwowanych na czczo (Bittner, 1994). W doświadczeniu własnym nie zaobserwowano istotnych różnic w przebiegu zmian stężenia cholesterolu

całkowitego w osoczu u szczurów po spożyciu obu posiłków testowych. Jednak stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu u zwierząt po spożyciu zrazików z ekstrudatem owsianym zwiększało się wolniej i bardziej równomiernie. U szczurów, które otrzymały zraziki z bułką pszenną stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu krwi zwiększyło się istotnie w 5 godzinie po spożyciu posiłku i powoli zmniejszało się.

Po pięciu godzinach po posiłku stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu krwi było istotnie wyższe u szczurów, które otrzymały zraziki z bułką pszenną, a w siódmej godzinie po posiłku istotnie większe u zwierząt, które spożyły zraziki z ekstrudatem owsianym. Chociaż rodzaj posiłku testowego nie wpływał na zawartość cholesterolu w treści żołądkowej, to jednak ekstrudat owsiany poprzez zmianę dynamiki wchłaniania tłuszczu ze światła jelita może modyfikować poposiłkowe stężenie cholesterolu w osoczu u szczurów.

Obserwowane po 5 godzinach jednocześnie większe stężenie triglicerydów i mniejsze stężenie cholesterolu w osoczu u szczurów, które spożyły posiłek testowy z dodatkiem ekstrudatu owsianego niż u szczurów, które otrzymały zraziki z bułką pszenną świadczyć może o nasilonym katabolizmie lipoprotein bogatych w triglicerydy i wymianie triglicerydów i cholesterolu między lipoproteinami bogatymi w triglicerydy i lipoproteinami bogatymi w cholesterol. Podobny efekt obserwowali Dubois i wsp. (1995), Olson i Schneeman (1998) po włączeniu do posiłku testowego otrąb owsianych.

Ekstrudowane przetwory owsiane mogą korygować zaburzenia gospodarki lipidowej w organizmie indukowane dietą bogatą w tłuszcz i cholesterol nie tylko poprzez działanie hipcholesterolemiczne, ale i wpływ na przebieg krzywych lipemii poposiłkowej. Odpowiednio przygotowane ekstrudowane przetwory z owsa nagoziarnistego, które łatwo włączyć do diety, powinny znaleźć zastosowanie w produkcji żywności specjalnego żywieniowego przeznaczenia dla osób z zaburzeniami przemiany lipidowej.

WNIOSKI

1. Ekstrudat z owsa nagoziarnistego hamował przechodzenie tłuszczu, głównie nasyconych kwasów tłuszczowych, z żołądka do dwunastnicy.
2. Dodatek ekstrudatu z owsa nagoziarnistego do zrazików zbożowo-warzywnych wpływał na lipemię poposiłkową, opóźniając pojawienie się maksymalnego stężenia triglicerydów w osoczu u szczurów.
3. Dodatek ekstrudatu z owsa nagoziarnistego do zrazików zbożowo-warzywnych nie wpływał natomiast na skład puli kwasów tłuszczowych osocza krwi szczurów.

LITERATURA

- Bartnikowska E., Lange E. 2000 a. Znaczenie dietetycznych przetworów owsianych, ich wpływ na stężenie cholesterolu w osoczu oraz poposiłkową glikemię. *Żywność. Nauka Technologia Jakość. Kwartalnik Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności*, 22: 18 — 36.
- Bartnikowska E., Lange E. 2000 b. Influence of naked oat and its extruded products on lipid metabolism in rats fed atherogenic. *Pol. J. Nutr. Sci.* 9/50: 63 — 71.
- Bell S., Goldman V., Bistrain B., Arnold A., Ostroff G., Forse A. 1999. Effect of β -glucan from oats and yeast on serum lipids. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 39: 189 — 202.

- Bengtsson S., Åman P., Graham H., Newman W., Newman R. 1990. Chemical studies on mixed-linked β -glucans in hull — less barley cultivars giving different hypocholesterolemic response in chicken. *J. Sci. Food Agric.*, 52: 435 — 445.
- Bittner V. 1994. Atherogenicity of postprandial lipoproteins and coronary heart disease. *The Endocrinologist*, 4: 359 — 372.
- Björkegren J., Boquist S., Sammegard A., Lundman P., Tornvall P., Ericsson C-G., Hamsten A. 2000. Accumulation of apolipoprotein C-I-rich and cholesterol-rich VLDL remnants during exaggerated postprandial triglyceridemia in normolipidemic patients with coronary artery disease. *Circulation*, 101: 227 — 230.
- Boquist S., Ruotolo G., Tang R., Björkegren J., Bond G., de Faire U., Karpe F., Hamsten A. 1999. Alimentary lipemia, postprandial triglyceride-rich lipoproteins, and common carotid intima-media thickness in healthy, middle-aged men. *Circulation*, 100: 723 — 728.
- Brown L., Rosner B., Willett W., Sacks F. 1999. Cholesterol — lowering effect of dietary fiber: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69: 30 — 42.
- Cara L., Dubois Ch., Borel P., Armand M., Senft M. 1992. Effects of oat bran, rice bran, wheat germ on postprandial lipemia in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 55: 81 — 88.
- Couillard Ch., Bergeron N., Pascot A., Almeras N., Bergeron J., Tremblay A., Proulx D., Despres J-P. 2002. Evidence for impaired lipolysis in abdominally obese men: postprandial study of apolipoprotein B-48 and B-100 — containing lipoproteins. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 311 — 318.
- Davidson M., Dugan L., Burns J., Bova J., Story K., Drennan K. 1991. The hypocholesterolemic effects of β -glucan in oatmeal and oat bran. *JAMA*, 265: 1833 — 1839.
- de Groot A., Luyken R., Pikaar N. 1963. Cholesterol — lowering effect of rolled oats. *Lancet*, 2: 303 — 304.
- Dubois C., Armand M., Senft M., Portugal H., Pauli A-M., Bernard P-M., Lafont H., Lairon D. 1995. Chronic oat bran intake alters postprandial lipemia and lipoproteins in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 325 — 333.
- Dubois Ch., Cara L., Armand M., Senft M. 1993. Cereal dietary fibers affect post-prandial lipoproteins in healthy human subjects. *Carbohydrate Polymers*, 21: 189 — 194.
- Elandt R. 1958. Statystyczne badanie prawidłowości zjawisk w czasie i przestrzeni. *Rocz. N. Rol.*, t-49-A-1: 401 — 424.
- Gibney M. 1991. Post-prandial lipid metabolism and atherogenesis. *Europ. J. Clin. Nutr.* 45 (s. 2): 76 — 77.
- Gronholdt M-L., Nordestgaard B., Nielsen T., Silleesen H. 1996. Echolucent carotid artery plaques are associated with elevated levels of fasting and postprandial triglyceride-rich lipoproteins. *Stroke*, 27: 2166 — 2172.
- Grundy S., Bazzarre T., Cleeman J., D'Agostino R., Hill M., Houston-Miller N., Kannel W., Krauss R., Krumboltz H., Lauer R., Ockene I., Pasternak R., Pearson Th., Ridker P., Wood D. 2000. Prevention Conference V. Beyond Secondary Prevention: Identifying the high-risk patient for primary prevention. *Circulation*, 101: 3 — 11.
- Havel R. 1997. Postprandial lipid metabolism: an overview. *Proc. Nutr. Soc.* 56: 659 — 666.
- Ikeda I., Tomari Y., Sugano M. 1989. Interrelated effects of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. *J. Nutr.*, 119: 1383 — 1387.
- Imaizumi K., Sugano M. 1986. Dietary fiber and intestinal lipoprotein composition. In: *Dietary fiber: Basic and Clinical Aspects*. Eds.: Vahouny G., Kritchevsky D., Plenum Press, New York: 287 — 306.
- McvNamara J., Shah P., Nakajima K., Cupples A., Wilson P., Ordovas J., Schaefer E. 1998. Remnant lipoprotein cholesterol and triglyceride reference ranges from the Framingham Heart Study. *Clin. Chem.*, 44: 1224 — 1232.
- Mero N., Malmstrom R., Steiner G., Taskinen M., Syvanne M. 2000. Postprandial metabolism of apolipoprotein B-48 and B-100 — containing particles in type 2 diabetes mellitus: relation to angiographically verified severity of coronary artery disease. *Atherosclerosis*, 150: 167 — 177.
- Meyer E., Westerveld T., de Ruyter-Meijstek, van Greevenbrock M., Rienks R., van Rijn H., Erkelens W., de Bruin T. 1996. Abnormal postprandial apolipoprotein B-48 and triglyceride responses in normolipidemic women with greater than 70% stenotic coronary artery disease: a case-control study. *Atherosclerosis*. 124: 221 — 235.

- Newman R., Lewis S., Newman C., Boik R., Ramage R. 1989 a. Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Int.* 39: 749 — 760.
- Newman R., Newman W., Graham H. 1989 b. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World*, 34: 883 — 886.
- Olson B., Schneeman B. 1998. Alimentary lipemia in enhanced in fiber-fed rats. *J. Nutr.* 128: 1031 — 1036.
- Patsch J., Braunsteiner H. 1991. Postprandial triglycerides, high-density lipoproteins, and coronary artery disease. *Atherosclerosis Rev.* 23: 85 — 89.
- Redard C., Davis P., Schneeman B. 1990. Dietary fiber and gender effect on postprandial lipemia. *Am J. Clin. Nutr.* 52: 837 — 845.
- Redard C., Davis P., Middleton S., Schneeman B. 1990. Postprandial lipid response following a high fat meal in rats adapted to dietary fiber. *J. Nutr.* 122: 219 — 228.
- Ripsin C., Keenan J., Jacobs D., Elmer P., Welch R., Van Horn L., Kiang L., Turnbull W., Thye F., Kestin M., Hegsted M., Davidson M., Dugan L., Demark-Wahnenfried W., Beling S. 1992. Oats products and lipid lowering. *JAMA*, 267: 3317 — 3325.
- Sandström B., Hansen L., Sorensen A. 1994. Pea fiber lowers fasting and postprandial blood triglyceride concentration in humans. *J. Nutr.* 124: 2386 — 2396.
- Schneeman B., Cimmarusti J., Cohen W., Downes L., Lefevre M. 1984. Composition of high density lipoproteins in rats fed various dietary fiber. *J. Nutr.* 114: 1320 — 1326.
- Schneeman B., Lefevre M. 1986. Effects of fiber on plasma lipoprotein composition. In: *Dietary Fiber: Basic and Clinical Aspects*. Eds. Vahouny G., Kritchevsky D., Plenum Press, New York: 309 — 321.
- Tiret L., Gerdes C., Murphy M., Dallongeville J., Nicaud V., O'Reilly D., Beisiegel U., De Backer G. 2000. Postprandial response to a fat tolerance test in young adults with a paternal history of premature coronary heart disease — the EARS II study. *Eur. J. Invest.* 30: 578 — 585.
- Uterwaal C., Grobbee D., Wittteman J., van Stiphout W-A., Krauss X., Havekes L., Brujin A., van Tol A., Hofman A. 1994. Postprandial triglyceride response in young adult men and familial risk for coronary atherosclerosis. *Ann. Intern. Med.*, 121: 576 — 583.
- Vahouny G., Satchithanandam S., Chen I., Tepper S., Kritchevsky D., Lightfoot F., Cassidy M. 1988. Dietary fiber and intestinal adaptation: effects on lipid absorption and lymphatic transport in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47: 201 — 206.
- Watts G. 2000. Postprandial lipemia in familial hypercholesterolemia: clinical and metabolic significance. *Atherosclerosis*, 148: 426 — 428.
- Zhang J., Hallmans G., Anderson H., Bosaeus L., Aman P., Tidehag P., Stendling R., Lundin E., Dahlgren S. 1992. Effect of oat bran on plasma cholesterol and bile acid excretion in nine subjects with ileostomies. *Am. J. Clin. Nutr.* 56: 99 — 105.