

RENATA WOŁOCH**PAWEŁ M. PISULEWSKI**Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ mąki otrzymanej z ziarna nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa na profil lipidowy surowicy krwi szczurów*

Effect of flour derived from naked and covered forms of barley and oat on serum lipid profile in rats

Celem pracy było określenie zakresu hipolipidemicznych właściwości mąki, otrzymanej w wyniku przemiału ziarna jęczmienia (nieoplewionego — Rastik i oplewionego — Start) oraz owsa (nieoplewionego — Akt i oplewionego — Kasztan). Badania przeprowadzono na albinotycznych szczurach laboratoryjnych, żywionych indywidualnie, hipercholesterolemiczną dietą półocyszczoną (AIN-93G) z rosnącym udziałem błonnika pokarmowego mąki jęczmiennej i owsianej (1, 2 i 3%). Mąki otrzymane z ziarna jęczmienia i owsa, form nieoplewionej i oplewionej, istotnie ($P < 0,05$) różniły się pod względem składu chemicznego. Bielmo uzyskane z ziarna jęczmienia form nieoplewionej i oplewionej, charakteryzowały się niską zawartością lipidów (Rastik — 0,97 i Start — 1,64% SM) i wysokim udziałem błonnika pokarmowego w szczególności frakcji rozpuszczalnej (Rastik — 6,18 i Start — 5,25% SM) i β -glukanów (Rastik — 3,11 i Start — 3,32% SM). Natomiast mąka owsiana otrzymana z ziarna form nieoplewionych i oplewionych była bogata w lipidy (Akt — 3,59 i Kasztan — 3,46% SM). Poziom frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego w tej frakcji był zbliżony do mąki jęczmiennej (Akt — 4,12 i Kasztan — 5,0% SM), z równocześnie niskim udziałem β -glukanów (Akt — 1,59 i Kasztan — 1,47% SM). Mąka otrzymana z formy nieoplewionej obu gatunków była bogatsza w białko (ok. 11,00% SM) w porównaniu do mąki uzyskanej z formy oplewionej jęczmienia i owsa (Start — 6,64% SM i Kasztan — 9,47% SM). Rosnący udział błonnika pokarmowego mąki jęczmiennej, otrzymanej z ziarna nieoplewionej odmiany Rastik, w hipercholesterolemicznych dietach szczurów, wpłynął na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego, jego frakcji LDL i HDL oraz triacylgliceroli. W przypadku udziału mąki z ziarna oplewionej odmiany Start, efektu hipcholesterolemicznego nie zaobserwowano. Wzrost udziału włókna pokarmowego mąki owsianej, uzyskanej z ziarna form nieoplewionej i oplewionej w dietach szczurów, przyczynił się do spadku poziomu cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL. Istotnie silniejszy ($P < 0,05$) efekt hipcholesterolemiczny wykazywała mąka otrzymana z ziarna odmiany nieoplewionej Akt.

* Pracę wykonano w ramach grantu KBN nr 3PO6T 083 22

Słowa kluczowe: efekt hipocholesterolemiczny, mąka, nagoziarnisty, oplewiony, jęczmień, owies, włókno pokarmowe

The present study was aimed at assessing the hypocholesterolemic effects of supplementing rats diet with the flour, obtained from barley grain (naked cv. Rastik and covered cv. Start) and from oats grain (naked cv. Akt and covered cv. Kasztan). Rats used to the experiment (Wistar) were fed individually, half-synthetic diet (AIN-93G) for growing rats with increasing content of dietary fiber of barley or oats flour (1, 2 and 3%). It was found that barley and oats flours, from naked and covered forms, significantly ($P < 0.05$) differed in chemical composition (Table 1). The barley flour, of the both forms, showed lower lipids level (cv. Rastik — 0.97 and cv. Start — 1.64% DM) and high level of dietary fiber, particularly soluble dietary fiber (cv. Rastik-6.18 and cv. Start — 5.25% DM) and β -glucans (cv. Rastik — 3.11 and cv. Start — 3.32% DM). Oats flour, obtained from both naked and covered forms of grain, was rich in lipids (cv. Akt — 3.59 and cv. Kasztan — 3.46% DM). The similar level of soluble dietary fiber was found in oats flour, as compared to barley flour (cv. Akt — 4.12 and cv. Kasztan — 5.0% DM), with lower content of β -glucans (cv. Akt — 1.59 and cv. Kasztan — 1.47% DM). Flours obtained from naked forms of grain, of the both species, were rich source of protein (11.00% DM), as compared with flour obtained from covered forms of barley and oats (cv. Start — 6.64 and cv. Kasztan — 9.47% DM). The increase of addition of dietary fiber of barley flour obtained from the naked form, in the hypercholesterolemic rats diet, lowered total cholesterol, both its LDL and HDL fractions and decreased tryglicerides level. The addition of dietary fiber of barley flour obtained from the covered form, in rats diet, showed no hypocholesterolemic effect. The increasing share of dietary fiber from oat flour in rats diet, obtained from both the naked and covered forms, influenced decrease of total cholesterol and LDL cholesterol levels. Flour obtained from the naked form of oat cv. Akt showed significantly higher ($P < 0.05$) hypocholesterolemic effect.

Key words: naked grain, covered grain, barley, oats, flour, dietary fiber, hypocholesterolemic effect

WSTĘP

Produkty zbożowe budzą ostatnio duże zainteresowanie jako źródło składników nieodżywczych, wykazujących szereg właściwości funkcjonalnych (prozdrowotnych). Na szczególną uwagę zasługują produkty jęczmienne i owsiane charakteryzujące się wysoką zawartością rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, z dominującym udziałem β -glukanów. Udział tych związków w obłuszczonej ziarnie jęczmienia i owsa waha się odpowiednio od 4,1–5,1% (Kawka, 1999) i od 3,2–3,9% (Manthey i in. 1999). W nieoplewionych odmianach jęczmienia i owsa zawartość tych związków wynosi odpowiednio 4,8% (Kawka, 1999) i 1,5–3,8% (Nita i Orłowska-Job, 1996). Obecność frakcji β -glukanów w ziarnie jęczmienia i owsa jest niewątpliwie odpowiedzialna za hipocholesterolemiczne oddziaływanie tego ziarna na organizmy zwierząt doświadczalnych (Kahlon i in., 1993; Yokoyama i in., 1998; Friedrich i Piech, 2000 a) i ludzi (Newman i in., 1989; Davidson i in., 1991; Hecker i in., 1998; Bourdon i in., 1999; Brown i in., 1999; Friedrich i Piech, 2000b; Davy i in., 2002). Mechanizm oddziaływania β -glukanów nie został jednak do końca wyjaśniony. Przyjmuje się jednak, że efekt ten może być związany ze stymulującym wpływem tej frakcji na wydalenie cholesterolu, w postaci kwasów żółciowych (Bartnikowska i Lange, 2000). W tej sytuacji, zwrócono uwagę na właściwości funkcjonalne nowych nieoplewionych odmian jęczmienia i owsa, niewymagających obłuszczenia i zachowujących pożądaną zawartość składników odżywczych i nieodżywczych (m.in. β -glukanów) w procesie technologicznym.

Celem przeprowadzonych badań była ocena profilu lipidowego surowicy krwi szczurów, żywionych dietami hipercholesterolemicznymi (1% udział cholesterolu), z rosnącym udziałem błonnika (1, 2 i 3%), wprowadzanego do diet w mące otrzymanej z ziarna nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa. Oceniano poziom cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL i HDL oraz triacylgliceroli w surowicy krwi.

MATERIAŁ I METODY

Wyjściowym materiałem badawczym było ziarno jęczmienia, odmian Rastik (nieoplewiony; ZDHAR w Radzikowie) i Start (oplewiony; ZHR w Polanowicach) oraz owsa odmian Akt (nieoplewiony; ZDHAR w Strzelcach) i Kasztan (oplewiony; ZHR w Polanowicach). Ziarno form nieoplewionych i obłuszczone ziarno form oplewionych, nawilżono do standardowej wilgotności 15,5% i rozdzielono w młynku laboratoryjnym (Typ QG 109, sito — 0,4 mm) uzyskując mąkę o składzie podanym w tabeli 1.

Ocenę funkcjonalnego (hipocholesterolemicznego) oddziaływania mąki jęczmiennej i owsianej, uzyskanej z ziarna odmian nieoplewionych i oplewionych, przeprowadzono na szczurach laboratoryjnych, zgodnie wymaganiami etycznymi (Lab. Anim. 1996. 30: 293-316; 1997. 31: 1-32). W każdym z dwóch kolejnych doświadczeń użyto 42 albinotycznych szczurów laboratoryjnych (Wistar), w wieku 5 tygodni i o masie 120 g, pochodzących z hodowli Instytutu Zootechniki w Krakowie. Zwierzęta przydzielono losowo do 7 grup doświadczalnych liczących 6 szczurów w grupie. W 7-dniowym okresie wstępnym, zwierzęta poddano aklimatyzacji w indywidualnych klatkach strawnościowych, zapewniając nieograniczony dostęp do wody i półocyszczzonej diety podstawowej AIN-93G (Reeves i in., 1993). Po okresie adaptacji, w doświadczeniu 1, zwierzęta żywiono w sposób ograniczony (15 g/d) następującymi 7 dietami (tab. 2): I — dieta kontrolna (AIN-93G), II, III i IV diety hipercholesterolemiczne z rosnącym udziałem błonnika pokarmowego (1, 2 i 3%), wprowadzonego w mące jęczmiennej otrzymanej z ziarna odmiany Rastik; V, VI i VII — diety hipercholesterolemiczne z rosnącym udziałem błonnika pokarmowego (1, 2, 3%), wprowadzonego w mące jęczmiennej otrzymanej z ziarna odmiany Start. W celu zachowania stałego składu diet z rosnącym udziałem mąki jęczmiennej, usuwano z ich składu odpowiednie ilości skrobi, kazeiny, oleju sojowego i celulozy.

W podobnym doświadczeniu 2, zwierzęta grup I żywiono identycznie jak w doświadczeniu 1 (tab. 3). Grupy II, III i IV żywiono dietami hipercholesterolemicznymi z rosnącym udziałem błonnika pokarmowego (1, 2, 3%), wprowadzonego w mące owsianej otrzymanej z ziarna odmiany Akt, a grupy V, VI i VII, dietami hipercholesterolemicznymi z rosnącym udziałem błonnika pokarmowego (1, 2, 3%), wprowadzonego w mące owsianej otrzymanej z ziarna odmiany Kasztan. Skład diet z rosnącym udziałem mąki owsianej korygowano podobnie jak w doświadczeniu 1.

Po upływie trzech tygodni okresu doświadczalnego, szczury usypiano dootrzewnowym zastrzykiem tiopentalu sodu (Biochemie, Vienna, Austria; 25 mg/kg masy ciała) i poddawano eutanazji poprzez całkowite pobranie krwi z serca. Próbkę krwi, po utwo-

rzeniu skrzepu, wirowano (4000 g, 10 min) w celu uzyskania surowicy. W uzyskanej surowicy wykonano oznaczenia składników profilu lipidowego surowicy, tj. cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji HDL oraz triacylgliceroli; poziom cholesterolu frakcji LDL obliczano jako różnicę pomiędzy cholesterolem całkowitym i jego frakcją HDL. Oznaczenia przeprowadzono następującymi metodami: cholesterolu całkowitego metodą Allain i wsp. (1974), cholesterolu frakcji HDL metodą Warrick i wsp. (1982) i triacylgliceroli metodą McGovan i wsp. (1983), przy użyciu zestawów enzymatycznych firmy Olympus Diagnostica GmbH, Hamburg.

Wyniki przedstawiono w postaci średnich ($\pm$ SEM). Dane doświadczalne poddano analizie wariancji w układzie jednoczynnikowym, a istotność różnic pomiędzy średnimi oceniano przy użyciu wielokrotnego testu rozstępu (Duncan, 1995), przy dwóch poziomach istotności $P < 0,05$ i $P < 0,01$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Mąka otrzymana z ziarna jęczmienia i owsa, form nieoplewionych i oplewionych, różniła się istotnie ($P < 0,05$) pod względem zawartości składników odżywczych (tab. 1). Mąka uzyskana z ziarna nieoplewionych odmian jęczmienia i owsa charakteryzowała się podwyższoną ($P < 0,05$) zawartością białka w porównaniu z odmianami oplewionymi. Przeciwną zależność obserwowano w przypadku zawartości węglowodanów. Zawartość tłuszczu była istotnie wyższa ($P < 0,05$) w mące uzyskanej z nieoplewionego i oplewionego ziarna owsa, a zawartość popiołu w badanym materiale nie ulegała zasadniczym zmianom. Obserwowane różnice w zawartości składników odżywczych były odbiciem składu ziarna typowego dla odmian jęczmienia i owsa (Gąsiorowski, 1995, 1997).

Mąka uzyskana w wyniku przemiału nieoplewionego i oplewionego ziarna jęczmienia, charakteryzowała się wyższą zawartością włókna pokarmowego (ok. 10% SM) w porównaniu z mąką owsianą (ok. 7%). W mące jęczmiennej, w porównaniu z mąką owsianą, obserwowano dwukrotnie wyższą ($P < 0,05$) zawartość frakcji nierozpuszczalnej (Rastik — 4,25; Start — 5,28% SM) włókna pokarmowego i zbliżoną zawartość frakcji rozpuszczalnej (Rastik — 6,18 i Start — 5,25% SM) tego włókna. Udział frakcji β -glukanów w mące uzyskanej z nieoplewionego i oplewionego ziarna jęczmienia, w porównaniu z mąką owsianą, był dwukrotnie wyższy. W efekcie, średni udział frakcji β -glukanów we frakcji rozpuszczalnej błonnika dla mąki jęczmiennej i owsianej wynosił odpowiednio: 56% i 32%. Obserwowane różnice wynikają z odmiennego rozmieszczenia β -glukanów w ziarnie jęczmienia i owsa. W przypadku tego pierwszego gatunku są one rozmieszczone równomiernie, zarówno w okrywie nasiennej, jak i w bielmie. Natomiast w ziarnie owsa, frakcja β -glukanów jest zlokalizowana przede wszystkim w zewnętrznych warstwach ziarniaka, eliminowanych w procesie przemiału (Gąsiorowski, 1995, 1997).

Tabela 1

Skład chemiczny mąki jęczmiennej i owsianej
Gross chemical composition of barley and oat flour

Gatunek Species	Forma Form	Odmiana Cultivar	Biało Protein	Tłuszcz Fat	Węglowodany Total carbohydrates	Błonnik pokarmowy ogółem Total dietary fiber	Frakcja nierozpuszczalna błonnikowa Insoluble dietary fiber	Frakcja rozpuszczalna błonnikowa Soluble dietary fiber	Beta-glukany Beta-glucan	Popiół Ash
% SM — % dm										
Jęczmień Barley	N	Rastik	11,71±0,12 ^d	0,97±0,06 ^a	75,96±0,06 ^a	10,43±0,06 ^c	4,25±0,08 ^c	6,18±0,05 ^d	3,11±0,02 ^c	0,92±0,01 ^a
	O	Start	6,64±0,01 ^a	1,64±0,25 ^b	80,05±0,10 ^d	10,53±0,10 ^c	5,28±0,05 ^d	5,25±0,07 ^c	3,32±0,09 ^d	1,14±0,01 ^d
Owies Oat	N	Akt	11,20±0,45 ^{cd}	3,59±0,03 ^d	77,54±0,06 ^b	6,62±0,06 ^a	2,12±0,13 ^b	4,51±0,13 ^a	1,59±0,08 ^b	1,04±0,13 ^c
	O	Kasztan	9,47±0,17 ^b	3,46±0,08 ^c	79,06±0,06 ^c	7,00±0,06 ^b	2,00±0,15 ^a	5,00±0,07 ^b	1,47±0,06 ^a	1,01±0,01 ^b

N — Nieoplewiony; Naked

O — Oplewiony; Covered

a, b, c, d — Średnie oznaczone różnymi literami w tej samej kolumnie różnią się w sposób statystycznie istotny przy P < 0,05

a, b, c, d — Different letters in the same column denote significant differences at the P < 0.05

±SEM — Błąd odchylnia standardowego

W przeprowadzonych doświadczeniach (1 i 2), w porównaniu z profilem lipidowym surowicy krwi szczurów żywionych dietą kontrolną AIN-93G, pozbawioną cholesterolu (tab. 2 i 3, dieta I), u szczurów żywionych dietami zawierającymi 1% cholesterolu (tab. 2 i 3, diety II–VII), uzyskano oczekiwany wzrost poziomu cholesterolu całkowitego. Wzrost ten dotyczył przede wszystkim cholesterolu frakcji LDL i w mniejszym stopniu frakcji HDL. Natomiast stężenie triacylgliceroli ulegało z reguły obniżeniu. Podobny efekt hipercholesterolemiczny uzyskała Bartnikowska i Lange (2000) podając szczurom dietę półsyntetyczną z dodatkiem cholesterolu (1%).

W doświadczeniu 1 (tab. 2), wraz ze wzrostem udziału włókna pokarmowego (1, 2 i 3%), wprowadzanego w mące jęczmiennej, uzyskanej z ziarna nieoplewionej odmiany Rastik, do hipercholesterolemicznych diet szczurów, poziom wspomnianych frakcji lipidowych ulegał systematycznemu obniżeniu. Istotny hipcholesterolemiczny efekt (P < 0,05) rosnącego udziału włókna pokarmowego wystąpił w przypadku cholesterolu całkowitego, jego frakcji LDL i HDL oraz triacylgliceroli (rys. 1). Jednocześnie, w porównaniu z hipcholesterolemicznym efektem rosnącego udziału włókna pokarmowego mąki z ziarna nieoplewionej odmiany Rastik, mąka uzyskana z oplewionego ziarna odmiany Start tego oddziaływania nie wykazywała (rys. 1).

Tabela 2

Skład hipercholesterolemicznych diet z rosnącym udziałem włókna pokarmowego mąki jęczmiennej (1, 2, 3%) nieoplewionej odmiany Rastik (II, III, IV) i oplewionej odmiany Start (V, VI, VII)
Ingredient composition of hypercholesterolemic diets supplemented with barley flour dietary fiber (1, 2, 3%) derived from naked cv. Rastik (II, III, IV) and covered cv. Start (V, VI, VII)

Diety Diets	Grupa Group	I	II	III	IV	V	VI	VII
		AIN-93G	1%*	2%*	3%*	1%*	2%*	3%*
		g/kg						
Mąka jęczmienna z odmiany Rastik		—	163,9	327,9	491,8	—	—	—
Barley flour from cv.Rastik								
Mąka jęczmienna z odmiany Start/		—	—	—	—	163,9	327,9	491,8
Barley flour from cv.Start								
Skrobia kukurydziana		519,5	379,2	238,8	98,4	379,2	238,8	98,4
Corn starch								
Kazeina		200	189,1	178,2	167,3	189,1	178,2	167,3
Casein								
Cukier		100	100	100	100	100	100	100
Suger								
Olej Sojowy		70	67,3	64,6	62	67,3	64,6	62
soybean oil								
Włókno (celuloza)		60	50	40	30	50	40	30
Fiber (cellulose) ¹								
Mieszanka mineralna		35	35	35	35	35	35	35
Mineral mix. ²								
Mieszanka witaminowa		10	10	10	10	10	10	10
Vitamin mix. ³								
L-cystine ⁴		3	3	3	3	3	3	3
Choline Bitartrate ⁵		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tetr-butylhydrohinon (mg) ⁶		14	14	14	14	14	14	14
Cholesterol ⁷		—	10	10	10	10	10	10
Beta-glukany		—	0,51	1,02	1,53	0,54	1,09	1,63
Beta-glucan (%)								

* Udział włókna pokarmowego mąki jęczmiennej w diecie; The content of barley flour dietary fiber in diet

¹ Alfa-celuloza; Alpha-cellulose powder-Sigma (St.Louis, MO, USA)

² AIN-93G-MX (Reeves i in., 1993); ³ AIN-93G-VX (Reeves *et al.*, 1993)

^{4, 5, 6} Sigma (St. Louis, MO, USA); ⁷ Aldrich (Steinheim, Germany)

W przeciwieństwie do powyższych obserwacji, w doświadczeniu 2 (tab. 3), wraz ze wzrostem udziału włókna pokarmowego (1, 2 i 3%) wprowadzanego w mące owsianej uzyskanej z ziarna obu badanych odmian, nieoplewionej Akt oraz oplewionej Kasztan, do hipercholesterolemicznych diet szczurów, uzyskano zbliżone efekty hipocholesterolemiczne. Obserwowano tu istotny ($P < 0,05$) spadek poziomu cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL. Przy czym, istotnie silniejszy ($P < 0,05$) efekt hipocholesterolemiczny wykazywała mąka z ziarna odmiany nieoplewionej Akt. Poziom cholesterolu frakcji HDL ulegał nieistotnym zmianom. Udział triacylgliceroli, w przypadku odmiany Akt, zmieniał się niesystematycznie, a w przypadku odmiany Kasztan istotnie ($P < 0,05$) malał.

Uzyskane wyniki można rozpatrywać jako efekt rosnącego poziomu β -glukanów w hipercholesterolemicznych dietach szczurów. Poziom ten w doświadczeniu 1, w dietach z mąką jęczmienną, uzyskaną z ziarna nieoplewionej odmiany Rastik oraz oplewionej odmiany Start wynosił odpowiednio: 0,51; 1,02 i 1,53% oraz 0,54; 1,09 i 1,63%.

Tabela 3

Skład hipercholesterolemicznych diet z rosnącym udziałem włókna pokarmowego mąki owsianej (1, 2, 3%) nieoplewionej odmiany Akt (II, III, IV) i oplewionej odmiany Kasztan (V, VI, VII)
Ingredient composition of hypercholesterolemic diets supplemented with oat flour dietary fiber (1, 2, 3%) derived from naked cv. Akt (II, III, IV) and covered cv. Kasztan (V, VI, VII)

Diety Diets	Grupa Group	I	II	III	IV	V	VI	VII
		AIN-93G	1%*	2%*	3%*	1%*	2%*	3%*
g/kg								
Mąka owsiana z odmiany Akt		—	151,6	302	453	—	—	—
Oat flour from cv.Akt								
Mąka owsiana z odmiany Kasztan/		—	—	—	—	142,9	285,7	428,6
Oat flour from cv.Kasztan								
Skrobia kukurydziana		519,5	400,8	281,9	163	405	290,8	176,3
Corn starch								
Kazeina		200	183	166,1	149,3	186,5	172,9	159,4
Casein								
Cukier		100	100	100	100	100	100	100
Suger								
Olej Sojowy		70	64,6	59,4	54,1	65	60,1	55,2
Soybean oil								
Włókno (celuloza)		60	50	40	30	50	40	30
Fiber (cellulose) ¹								
Mieszanka mineralna		35	35	35	35	35	35	35
Mineral mix. ²								
Mieszanka witaminowa		10	10	10	10	10	10	10
Vitamin mix. ³								
L-cystine ⁴		3	3	3	3	3	3	3
Choline Bitartrate ⁵		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tetr-butylohydrohinon (mg) ⁶		14	14	14	14	14	14	14
Cholesterol ⁷		—	10	10	10	10	10	10
Beta-glukany		—	0,24	0,48	0,72	0,21	0,42	0,63
Beta-glucan (%)								

* Udział włókna pokarmowego mąki owsianej w diecie/ The content of oats flour dietary fiber in diet

¹ Alfa-celuloza/ Alpha-cellulose power-Sigma (St.Louis, MO, USA);

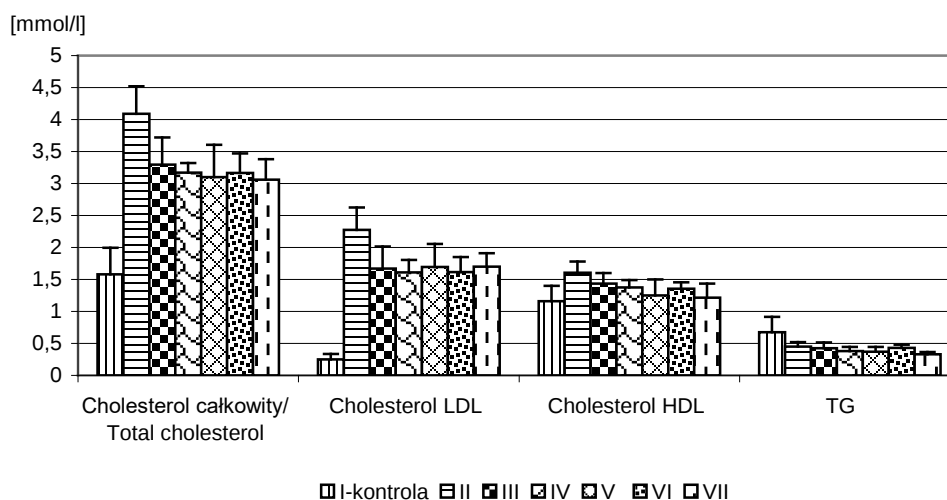
² AIN-93G-MX (Reeves i in., 1993); ³ AIN-93G-VX (Reeves *et al.*, 1993);

^{4, 5, 6} Sigma (St.Louis, MO, USA); ⁷ Aldrich (Steinheim, Germany);

W analogicznym układzie doświadczenia 2, zawartość β -glukanów w dietach z mąką owsianą, uzyskaną z ziarna nieoplewionej odmiany Akt oraz oplewionej odmiany Kasztan wynosił odpowiednio: 0,24; 0,48 i 0,72% oraz 0,21, 0,42 i 0,63%. Obserwowany efekt hipcholesterolemiczny włókna pokarmowego (β -glukanów) mąki jęczmiennej i owsianej potwierdza obserwacje innych autorów, uzyskane w doświadczeniach na zwierzętach modelowych (Kahlon i in., 1993; Yokoyama i in., 1998; Friedrich i Piech, 2000 a) i ludziach (Newman i in., 1989; Davidson i in., 1991; Hecker i in., 1998; Bourdon i in., 1999; Brown i in., 1999; Friedrich i Piech, 2000 b; Davy i in., 2002).

Kahlon i wsp. (1993) podając chomikom diety hipercholesterolemiczne (0,25% cholesterolu) z 10% udziałem włókna pokarmowego obłuszczonego ziarna jęczmienia (3,3% β -glukanów) i otrąb owsianych (4,5% β -glukanów) stwierdzili spadek poziomu cholesterolu całkowitego, jego frakcji LDL, HDL i triacylgliceroli. Silniejszy efekt wykazywały β -glucany otrąb owsianych w porównaniu z β -glukanami jęczmienia. Podobnie Hecker i wsp. (1998) u szczurów otrzymujących codziennie 2 g frakcji

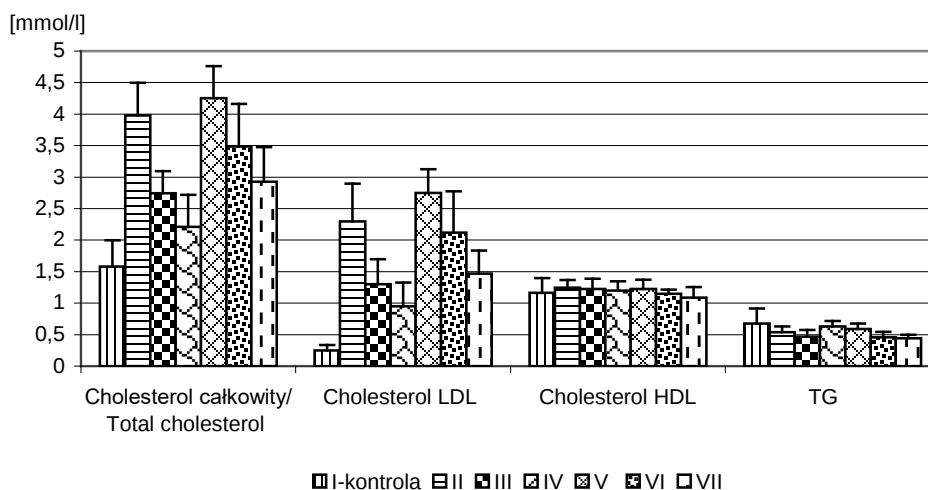
rozpuszczalnej włókna pokarmowego w postaci β -glukanów dodanych do tortilli zaobserwowali, spadek cholesterolu frakcji LDL, a Friedrich i Piech (2002 b) podając ziarno owsa odmiany Akt (18,6 g) zauważył spadek cholesterolu całkowitego i triacylgliceroli w surowicy krwi szczurów. Yokoyama i wsp. (1998) wskazuje, że hipocholesterolemiczny efekt β -glukanów zależy od stopnia przetworzenia ziarna owsa. Dostępne β -glukany (4,21–4,35%) w półsyntetycznych dietach z odtłuszczonej mąki owsianej, Oatrimu-10 i Oatrimu-5 obniżyły poziom cholesterolu całkowitego w surowicy krwi chomików odpowiednio o 11, 36 i 32% w porównaniu z dietą niezawierającą tych związków. Mąka owsiana wpłynęła na spadek cholesterolu frakcji VLDL, HDL i wzrost cholesterolu frakcji LDL w osoczu chomików. Natomiast dodatek Oatrimu-10 i Oatrimu-5 istotnie ($P < 0,05$) wpłynął na obniżenie cholesterolu LDL (Oatrim 5–67%) i VLDL (Oatrim 10–54%). Podobnie w grupie kobiet i mężczyzn spożywających w diety wzbogacone we włókno pokarmowe ziarna owsa (Friedrich i Piech, 2002 a; Davy i in., 2002) zaobserwowano spadek całkowitego poziomu cholesterolu i jego frakcji LDL, triacylgliceroli i wzrost cholesterolu frakcji HDL.



Rys. 1. Profil lipidowy szczurów żywionych hipercholesterolemiczną dietą z rosnącym udziałem włókna pokarmowego mąki jęczmiennej

Fig. 1. Serum lipid profile in rats fed hypercholesterolemic diets supplemented with barley flour dietary fiber

W ujęciu szczegółowym, pomimo ponad dwukrotnie wyższej zawartości β -glukanów w hipercholesterolemicznych dietach szczurów z mąką jęczmienną, (tab. 2 i 3) w porównaniu z analogicznymi dietami zawierającymi mąkę owsianą, efekt hipocholesterolemiczny tych ostatnich był wyraźnie silniejszy, co wyrażało się drastycznym spadkiem poziomu cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL w surowicy szczurów (rys. 1 i 2).



Rys. 2. Profil lipidowy szczurów żywionych hipercholesterolemicznymi dietami z rosnącym udziałem włókna pokarmowego mąki owsianej

Fig. 2. Serum lipid profile in rats fed hypercholesterolemic diets supplemented with oats flour dietary fiber

Obserwowane różnice wynikały prawdopodobnie z odmiennej rozpuszczalności β -glukanów jęczmienia i owsa, wnoszącej odpowiednio 50 i 80% (Gąsiorowski, 1995). Ponadto, w obrębie hipercholesterolemicznych diet szczurów z mąką jęczmienną i owsianą, otrzymaną z ziarna form nieoplewionych i oplewionych, mąka uzyskana z ziarna form nieoplewionych wykazywała zawsze silniejszy efekt hipcholesterolemiczny, oceniany podobnie jak wyżej, na podstawie zmian profilu lipidowego surowicy krwi szczurów (rys. 1 i 2). Powyższy efekt może wynikać, nie tylko z obecności β -glukanów w ziarnie jęczmienia i owsa, lecz z obecności innych biologicznie aktywnych składników, w ziarnie form nieoplewionych badanych gatunków zbóż.

WNIOSKI

1. Mąka uzyskana z ziarna jęczmienia, w porównaniu z mąką owsianą form nieoplewionych i oplewionych, charakteryzuje się porównywalną zawartością frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego, lecz dwukrotnie wyższą zawartością β -glukanów.
2. Rosnący udział włókna pokarmowego (1, 2 i 3%) mąki jęczmiennej, uzyskanej z ziarna nieoplewionej odmiany Rastik w diecie hipercholesterolemicznej szczurów, obniża poziom cholesterolu całkowitego, jego frakcji LDL i HDL oraz triacylgliceroli w surowicy szczurów.

3. Rosnący udział włókna pokarmowego (1, 2 i 3%) mąki owsianej, uzyskanej z ziarna nieoplewionej odmiany Akt i oplewionej odmiany Kasztan, obniża poziom cholesterolu całkowitego i jego frakcji LDL w surowicy szczurów.
4. Pomimo ponad dwukrotnie wyższej zawartości β -glukanów w hipercholesterolemicznych dietach szczurów z mąką jęczmienną, w porównaniu z analogicznymi dietami zawierającymi mąkę owsianą, obserwowano silniejszy efekt hipocholesterolemiczny tych ostatnich.
5. W obrębie hipercholesterolemicznych diet szczurów z mąką jęczmienną i owsianą, otrzymaną z ziarna form nieoplewionych i oplewionych, mąka uzyskana z ziarna form nieoplewionych wykazywała zawsze silniejszy efekt hipocholesterolemiczny.

LITERATURA

- Allain C. C., Poon L. S., Richmond W., Fu P. C. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.* 720: 470 — 475.
- Bartnikowska E., Lange E. 2000. Influence of naked oat and its extruded products on lipid metabolism in rats fed atherogenic diet. *Pol. J. Food Nutr.* 50, 3: 63 — 71.
- Bourdon I., Yokoyama w., Davis P., Hudson C., Backus R., Richter D., Knuckles B., Schneeman B. 1999. Postprandial lipid, glucose, insulin and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with beta-glucan. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 55 — 63.
- Brown L., Rosner B., Willett W. W., Sacks F. M. 1999. Cholesterol lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 30 — 42.
- Davidson M., Dugan L. D., Burns J. H., Bova J., Story K., Drennan K. B. 1991. The hypocholesterolemic effect of β -glucan in oatmeal and oat bran. *J.A.M.A.*, 265: 1833 — 1839.
- Davy B. M., Davy K. P., Ho R. C., Beske S. D., Davrath L. R., Melby Ch. L. 2002. High-fiber oat cereal compared with wheat cereal consumption favorable alters LDL-cholesterol subclass and particle numbers in middle-aged and older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 351 — 358.
- Duncan D. B. 1995. Multiple range and multiple test F tests. *Biometrics*, 11: 1 — 42.
- Friedrich M., Piech M. 2000 a. Assessment of effects of diet enrichment with a new hull-less oat variety on blood glucose, lipid, lipoprotein, and fibrinogen levels. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 52: 73 — 76.
- Friedrich M., Piech M. 2000 b. Effect of diet enrichment with naked oats on blood glucose and lipid species and on the weight growth and accumulation of pericardial and peri-intestinal adipose tissue in rats. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 3, 50: 61 — 65.
- Gąsiorowski H. 1995. *Owies-chemia i technologia*. PWRiL, Poznań.
- Gąsiorowski H. 1997. *Jęczmień. Chemia i technologia*. PWRiL, Poznań.
- Hecker K. D., Meier M. L., Newman R. K., Newman C. W. 1998. Barley β -glucan is effective as a hypocholesterolemic ingredient in foods. *J. Sci. Food Agric.* 77: 179 — 183.
- Kahlon T. S., Chow F. I., Knuckles B. E., Chiu M. M. 1993. Cholesterol-lowering effects in hamsters of β -glucan-enriched barley fraction, dehulled whole barley, rice bran, and oat bran and their combinations. *Cereal Chem.* 70, 4: 435 — 440.
- Kawka A. 1999. Lipidy ziarna jęczmienia — zawartość, rozmieszczenie i skład frakcyjny. *Post. Nauk Rol. AR w Poznaniu*, 2: 51 — 58.
- Manthey F. A., Hareland G. A., Huseby D. J. 1999. Soluble and insoluble dietary fiber content and composition in oat. *Cereal Chem.*, 76, 3: 417 — 420.
- McGowan M. W., Artiss J. D., Strantbergh D. R., Zak B. 1983. A peroxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. *Clin. Chem.* 10: 538 — 542.
- Newman R.K., Newman C. W., Graham H. 1989. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World* 34: 883 — 886.
- Nita Z., Orłowska-Job W. 1996. Hodowla owsa nagoziarnistego w Zakładzie Doświadczalnym HAR w Strzelcach, *Biul. IHAR* 197: 141 — 145.

- Reeves P. G., Nielsen F. H., Fahey G. C. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition ad hoc Writing Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J. Nutr.* 123: 1939 — 1951.
- Warrick G. R., Berdersond J., Alberts J. J. 1982. Dextran-sulphate-Mg precipitation of high-density lipoprotein cholesterol. *Clin. Chem.* 28: 1379 — 1388.
- Yokoyama W. H., Knuckles B. E., Stafford A., Inglett G. 1998. Raw and processed oat ingredients lower plasma cholesterol in the hamster. *J. Food Sci.* 63: 713 — 715.