

ZBIGNIEW RZEDZICKI**PIOTR ZARZYCKI**

Zakład Inżynierii i Technologii Zbóż

Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ ekstruzji na skład frakcyjny błonnika pokarmowego ekstrudatów z udziałem owsa nagonasiennego

Influence of extrusion cooking on fractional composition of dietary fibre of the extrudates with a share of naked oat

Przeprowadzono badania procesu ekstruzji mieszanin kaszki kukurydzianej z razówką owsa nagonasiennego w ekstruderze jednoślakowym przy zróżnicowanym składzie surowcowym i zróżnicowanych parametrach procesu. Badano wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego, wilgotności ekstrudowanej mieszanki i temperatury cylindra na przemiany chemiczne ekstrudatów ze szczególnym uwzględnieniem polisacharydów nieskrobiowych. Wykazano, że mieszanina kaszki kukurydzianej z razówką owsa nagonasiennego może być wartościowym surowcem przy produkcji wyrobów ekstrudowanych. Zwiększenie udziału razówki owsianej, w ekstrudowanej mieszance, pozwalała na obniżenie wodnej rozpuszczalności (WSI) otrzymanych ekstrudatów oraz zwiększenie zawartości białka i błonnika pokarmowego. Proces ekstruzji wpłynął destrukcyjnie na polisacharydy nieskrobiowe. Odnotowano obniżenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) i jego frakcji nierozpuszczalnej (IDF), jednocześnie ekstruzja powodowała wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej błonnika (SDF). Wielkość tych zmian była uzależniona od składu mieszanki oraz parametrów procesu takich jak temperatura i wilgotność surowca. Nie stwierdzono znaczącego wzrostu zawartości żelaza, manganu i niklu w wyrobach ekstrudowanych w porównaniu do mieszanek surowcowych.

Słowa kluczowe: błonnik pokarmowy, ekstruzja, owies nagonasienny

Mixtures of the whole grain meal of naked oat and corn semolina were extruded with a single-screw extrusion-cooker under different processing conditions to determine the effects of the oat meal constituent and extrusion cooking process on chemical composition of extrudates. It was found that the mixtures of corn semolina and naked oat whole grain meal are a valuable raw material for extrudate production. An increase in the oat whole grain meal share in the mixture decreased the WSI value and increased the content of protein and dietary fibre in extrudates. The extrusion cooking process resulted in the decrease in the content of dietary fibre (TDF) and its insoluble fraction (IDF), and effected the lowered content of a soluble fraction of fibre (SDF). These changes depended on: the composition of the mixture subjected to extrusion, temperature during the process and moisture content of raw material. Only a slight increase in the content of Fe, Mn and Ni in the extrudates compared to the amounts of these microelements in the raw material was found.

Key words: dietary fibre, extrusion cooking, naked oat

WSTĘP

Prowadzone od wielu lat badania żywieniowe wykazują, że jednym z podstawowych i niezastąpionych składników żywności jest błonnik pokarmowy. Spożywanie żywności bogatej w błonnik korzystnie wpływa na organizm człowieka i zmniejsza ryzyko wielu chorób cywilizacyjnych (Kahlon, 2001; Aldori i in., 1997). Jednym z bardziej wartościowych źródeł błonnika, o szczególnym oddziaływaniu fizjologicznym jest ziarno owsa. Badania kliniczne potwierdziły istotny wpływ przetworów owsianych m.in. na obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego we krwi oraz korzystne zmiany w relacji cholesterolu frakcji HDL do LDL (Onning i in., 1999; Gerhardt i in., 1998; Bratten i in., 1994). Braaten i wsp. (1994) wykazali istotne obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego, w tym szczególnie frakcji LDL, we krwi osób z hiperlipidemią po wzbogaceniu diety tych osób w β -glukany w ilości 6g/dzień. Nie odnotowano natomiast zmian we frakcji HDL. Onning i wsp. (1999) uzyskali podobne efekty po wprowadzeniu do codziennej diety osób z hiperlipidemią przetworów owsianych o średniej zawartości 3,8 g β -glukanów. Także w przypadku dzieci i młodzieży obserwowano obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego i frakcji LDL we krwi po wzbogaceniu diety w β -glukany w ilości 3 g/dzień. W szczególności dotyczyło to młodzieży o wyższym niż średnia indeksie masy ciała (BMI) (Maki i in., 2003). Działanie hipocholesterolemiczne owsa przypisuje się głównie rozpuszczalnym frakcjom włókna pokarmowego, zwłaszcza (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4) β -D glukanom, które tworzą w świetle przewodu pokarmowego struktury żelowe o dużej lepkości. W strukturach tych wiązany jest cholesterol pochodzący ze spożywanego pokarmu jak i złuszcających się komórek nabłonka jelitowego. Powoduje to zwiększone wydalanie metabolitów cholesterolu i kwasów żółciowych wraz z kałem. Cholesterol syntetyzowany w wątrobie jest w takim przypadku „kierowany” do odnowienia puli kwasów żółciowych. Powyższy mechanizm uznaje się za jedną z ważniejszych przyczyn obniżenia cholesterolu całkowitego w osoczu krwi (Lairon, 2001). Badaniach *in vivo* przeprowadzone przez Drzikova i wsp. (2005) wykazały, że zdolność wiązania kwasów żółciowych przez ekstrudaty owsiane wzrasta wraz ze wzrostem zawartości błonnika pokarmowego całkowitego oraz (1 $\rightarrow$ 3) (1 $\rightarrow$ 4) β -D glukanów.

Szczególnie korzystne działanie wykazują także produkty fermentacji bakteryjnej błonnika owsianego, w szczególności kwas masłowy, któremu przypisuje się istotną rolę w profilaktyce nowotworów jelita grubego (Johnson, 2004; Edwards, 1995).

Głównym „dostarczycielem” błonnika pokarmowego w naszej diecie są produkty zbożowe. Niestety, wiele procesów i operacji technologicznych stosowanych w przemyśle spożywczym przyczynia się do znacznego zubożenia ziarna zbóż we frakcje bogate w błonnik pokarmowy. Również zbożowe produkty ekstrudowane wytwarzane są głównie na bazie kaszki kukurydzianej, pozyskiwanej z „odzarodkowanego” i obłuszczonego ziarna kukurydzy. Technologia ekstruzji w czasie upłynniania masy daje możliwość wkomponowania frakcji błonnikowej w skład produktu i otrzymania wyrobów ekstrudowanych o bardzo dobrych cechach sensorycznych (Rzedzicki i in., 2004 a, Sobota i in.,

2004). Wielu autorów zwraca uwagę, że w procesach termoplastycznej obróbki surowców poszczególne frakcje błonnika pokarmowego ulegają nie tylko zmianom ilościowym, ale także jakościowym (Rzedzicki i in., 2004 b; Poutanen, 2001). W czasie ekstruzji dochodzi do całkowitej zmiany fizycznej przetwarzanego surowca jak również istotnych przemian chemicznych w składnikach ekstrudowanej masy. Obserwuje się m.in. wzrost wodnej rozpuszczalności suchej masy nawet powyżej 50% (Rzedzicki, 2005; Rzedzicki i in., 2005), spadek zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) i frakcji nierozpuszczalnej (IDF) oraz wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF) (Larrea i in., 2005; Rzedzicki i in., 2004 b; Martin-Cebrejas i in., 1999; Vasanthan i in., 1998). Niektórzy autorzy zwracają uwagę na możliwość zwiększonego ścierania elementów roboczych ekstrudera i zwiększenia zanieczyszczeń metalicznych w produkcie gotowym, w szczególności w czasie ekstruzji surowców o wysokiej zawartości komponentów błonnikowych (Camire i in., 1993).

Celem badań było określenie wpływu udziału komponentów owsianych, wilgotności ekstrudowanego surowca oraz profilu rozkładu temperatur cylindra na przebieg ekstruzji, przemiany chemiczne składników ekstrudowanej masy, w szczególności zmiany zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego i możliwości wzrostu zanieczyszczeń metalami.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach zastosowano kaszkę kukurydzianą oraz ziarno owsa nagonasiennego odmiany Akt i dwóch rodów STH 3997 i STH 4097, pochodzące z Zakładu Doświadczalnego IHAR w Strzelcach. Charakterystykę składu chemicznego surowców i właściwości fizyczne przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3.

Tabela 1

Skład chemiczny surowców (% s.m.)
Chemical composition of raw materials (% d.b.)

Komponent Component	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Popiół Ash	Błonnik pokarmowy Dietary fibre			Mikroelementy Microelements (mg/kg s.m.)		
				TDF	IDF	SDF	Fe	Mn	Ni
Kaszka kukurydziana Corn semolina	8,41	1,18	1,45	6,26	5,32	0,94	13,05	1,21	0,23
Razówka owsiana — Akt Oat whole grain meal — Akt	15,10	6,60	2,48	19,88	16,13	3,75	36,84	41,91	0,57
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 3997	18,20	7,21	2,27	17,41	12,73	4,68	40,54	29,94	0,87
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 4097	16,39	5,97	2,73	17,42	12,86	4,56	46,58	31,64	0,79

TDF — Błonnik pokarmowy całkowity; Total dietary fibre

IDF — Błonnik pokarmowy nierozpuszczalny; Insoluble dietary fibre

SDF — Błonnik pokarmowy rozpuszczalny; Soluble dietary fiber

Tabela 2

Zawartość poszczególnych frakcji włókna detergentowego w surowcach (% s.m.)
The contents of particular dietary fibre fraction in raw materials (% d.b.)

Komponent Component	NDF (% d.b.)	ADF (% d.b.)	HCEL (% d.b.)	CEL (% d.b.)	ADL (% d.b.)	Włókno surowe Crude fibre (% d.b.)
Kaszka kukurydziana Corn semolina	3,65	0,86	2,79	0,75	0,11	0,45
Razówka owsiana — Akt Oat whole grain meal — Akt	13,89	4,93	8,96	3,03	1,89	3,22
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 3997	11,30	3,33	7,97	2,06	1,26	2,58
Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 4097	13,56	3,57	9,99	1,98	1,59	2,69

NDF — Włókno neutralno-detergentowe; Neutral detergent fibre

ADF — Włókno kwaśno-detergentowe; Acid detergent fibre

HCEL — Hemiceluloza/hemicellulose; CEL — celuloza; cellulose; ADL — lignina; lignin

Tabela 3

Wartości WSI i WAI surowców zastosowanych w badaniach
WSI and WAI of the raw materials applied in the experiments

Komponent Component	Kaszka kukurydziana Corn semolina	Razówka owsiana Akt Oat whole grain meal Akt	Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 3997	Razówka owsiana Oat whole grain meal STM 4097
WSI	5,8	6,94	6,85	6,59
WAI	248	175	180	201

WSI — Współczynnik rozpuszczalności suchej masy (% s.m.); Water solubility index (% db)

WAI — Współczynnik wodochłonności (% s.m.); Water absorption index (% db).

Ziarno owsa rozdrabniano przy użyciu rozdrabniacza udarowego typ H-111/3 aż do uzyskania średnicy zastępczej $\Phi_z = 0,7$ mm. Komponenty mieszano i nawilżano zgodnie z zastosowanym modelem doświadczenia (tab. 4), a następnie kondycjonowano przez 12 h, w celu zapewnienia właściwej dyfuzji wody w surowcu. W badaniach zastosowano ekstruder jednoślimakowy (L:D = 12:1, stopień sprężania ślimaka 3:1). Na podstawie badań pilotażowych przyjęto średnicę matrycy 3,5 mm oraz obroty ślimaka 110 obr/min.

W surowcach oraz otrzymanych ekstrudatach oznaczono zawartość białka [AACC, Method 46-08, N × 6,25], tłuszczu [AACC, Method 30-10] i popiołu [AACC, Method 08-01]. Oznaczono również błonnik pokarmowy całkowity (TDF), nierozpuszczalny (IDF) i rozpuszczalny (SDF). Oznaczenia wykonano według metod AOAC oraz AACC, [Method 991.43; AOAC Method 985.29; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32-21; AACC, Method 32-05] wykorzystując zestawy enzymów i procedury firmy Megazyme. Oznaczenia poszczególnych frakcji włókna detergentowego wykonano zgodnie z metodyką opracowaną przez Van Soest (1963) oraz Van Soest i wsp. (1967). Zawartość żelaza, manganu, i niklu w poszczególnych ekstrudatach określono metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (ASA) przy użyciu aparatu Unicam 939 [AOAC, Method 975.03]. Próby poddano także badaniom właściwości fizycznych: wodochłonności metodą wirówkową (WAI) oraz określono współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI) [AACC, Method 56-20] w modyfikacji Rzedzicki i wsp. (2004 c).

Tabela 4

Model doświadczenia i wyniki badań WSI i WAI (% s.m.)
Model of the experiment and results of WSI and WAI analyses (% d.b.)

Model doświadczenia Model of the experiment				WSI (% s.m.)	WAI (% s.m.)
odmiana owsa type of oats	dodatek owsa (%) amount of oats meal	wilgotność (%) moisture content (%)	temperatura (°C) temperature (°C)		
Akt	3	13	145/165/120	32,83	846,93
	6			31,42	917,46
	9			27,50	1011,73
	12			22,66	1049,69
	15			22,02	1060,54
STM 3997	3	13	145/165/120	24,79	750,07
	6			20,96	805,02
	9			18,26	867,49
	12			18,03	901,50
	15			17,55	940,55
STM 4097	3	13	145/165/120	35,69	662,74
	6			33,98	763,99
	9			19,88	914,59
	12			15,04	873,40
	15			14,45	920,00
STM 3997	9	13	145/165/120	18,26	867,49
		13,5		17,93	900,50
		14		17,82	904,08
		14,5		16,95	915,83
		15		16,57	910,19
		15,5		16,79	909,34
		16		13,81	911,95
STM 3997	9	13	120/140/120	15,35	851,51
			125/145/120	16,78	865,25
			130/150/120	16,67	901,84
			135/155/120	17,94	892,14
			140/160/120	17,54	888,42
			145/165/120	18,26	867,49
			150/170/120	18,93	860,66
			155/175/120	22,48	859,49

WSI — Współczynnik rozpuszczalności suchej masy (% s.m.); Water solubility index (% db)

WAI — Współczynnik wodochłonności (% s.m.); Water absorption index (% db).

Poszczególne oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach; obliczano wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Jeżeli wartości współczynnika zmienności przekraczały wyznaczone granice błędu dla danej metody, badania powtarzano. Dla zmiennych ciągłych przeprowadzono analizę regresji. Wyznaczono równania regresji i współczynniki determinacji R^2 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Zastosowanie ekstrudera jednoślakowego (L:D = 12:1, stopień sprężania ślimaka 3:1), przy założonych parametrach procesu (tab. 4), pozwoliło na przetwarzanie mieszanek zawierających w swoim składzie maksymalny 15% dodatek razówki owsa

nagonasiennego. Wyższy udział powodował „płynięcie materiału”, występowanie poślizgu i brak możliwości ustabilizowania warunków wytłaczania.

Uzyskane wyniki wskazują na znaczny wzrost rozpuszczalności suchej masy (WSI) w ekstrudatach w porównaniu do surowca. Wartości WSI dla kaszki kukurydzianej i badanych razówek owsianych (AKT, STH 3997, STH 4097) zawierały się w przedziale od 5,8 do 6,95% s.m. (tab. 3). W ekstrudowanych próbach z 3% udziałem razówki wartości WSI wzrosły wielokrotnie i wynosiły odpowiednio dla poszczególnych razówek owsianych 32,83; 24,79 i 35,69% s.m (tab. 4). WSI jest nie tylko miarą intensywności obróbki, ale wskazuje także na degradację polimerów, które przechodzą w formę rozpuszczalną w wodzie. Produkty silnie zdegradowane będą podlegały nie tylko szybszemu trawieniu, ale również bardzo szybkiemu wchłanianiu. Wprowadzenie do mieszanin z kaszką kukurydzianą dodatku razówki owsianej pozwala na modyfikację wartości WSI. Wzrastający udział poszczególnych razówek owsianych w ekstrudowanych mieszankach każdorazowo powodował znaczące obniżenie wartości WSI. W niektórych ekstrudowanych przetworach kukurydzianych Rzedzicki (2005) notował wartości WSI przekraczające nawet 50%.

Znaczny wpływ na WSI wywarła również wilgotność przetwarzanego surowca oraz temperatura procesu (tab. 4). Dla ekstrudatów z udziałem razówki owsa nagiego STH 3997, zwiększenie wilgotności surowca z 13 do 16% przyczyniło się do obniżenia WSI z 18,26 do 13,81% s.m., z kolei zwiększenie temperatury cylindra z 140°C do 175°C spowodowało zwiększenie WSI od 15,35 do 22,48% s.m. Tendencje takie mogą być spowodowane zwiększeniem naprężeń stycznych oddziaływujących na obrabiany materiał (Gujral i in., 2001; Smith, 1992). Prowadzi to do wzrostu stopnia „pocięcia” polimerów na cząsteczki o małej masie, które nie ulegają wydzielaniu z płynu nadosadowego przy zastosowanych przeciążeniach (2200 g). Podobny wpływ wilgotności surowca i temperatury procesu notowano dla łuski grochowej, kukurydzy, otrąb pszennych, śruty pszennej, mąki owsianej i manioku (Sobota i in., 2004; Hashimoto i in., 2003; Gujral i in., 2001; Singh i in., 1997).

Otrzymane ekstrudaty charakteryzowały się bardzo wysoką wodochłonnością (tab. 4). Każdorazowo wzrostowi udziału razówki owsianej towarzyszył wzrost wodochłonności ekstrudatu. Najniższą wodochłonność 750% odnotowano dla 3% udziału razówki STH 3997, najwyższą 1060% posiadały ekstrudaty z 15% udziałem razówki owsa Akt.

Wprowadzenie razówki owsianej do mieszanek spowodowało znaczący wzrost zawartości białka oraz poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego (tab. 5). W celu wszechstronnej oceny frakcji błonnika pokarmowego, przeprowadzono badania porównawcze zawartości składników strukturalnych przy zastosowaniu trzech różnych metod analitycznych: metody Weende (włókno surowe), metody detergentowej oraz metody enzymatycznej (tab. 5, rys. 1–5). Porównując oznaczone zawartości błonnika pokarmowego z wartościami oczekiwanymi, wynikającymi ze składu surowcowego mieszanki stwierdzono, że ekstruzja jednoślindakowa powoduje istotne zmiany w składzie błonnika pokarmowego. Odnotowano obniżenie zawartości frakcji włókna detergentowego i surowego w ekstrudatach w porównaniu do wartości oczekiwanych (tab. 5). Tylko dla

frakcji lignin, przy niskich udziałach razówki, wartości oznaczone były zbliżone do oczekiwanych.

Tabela 5

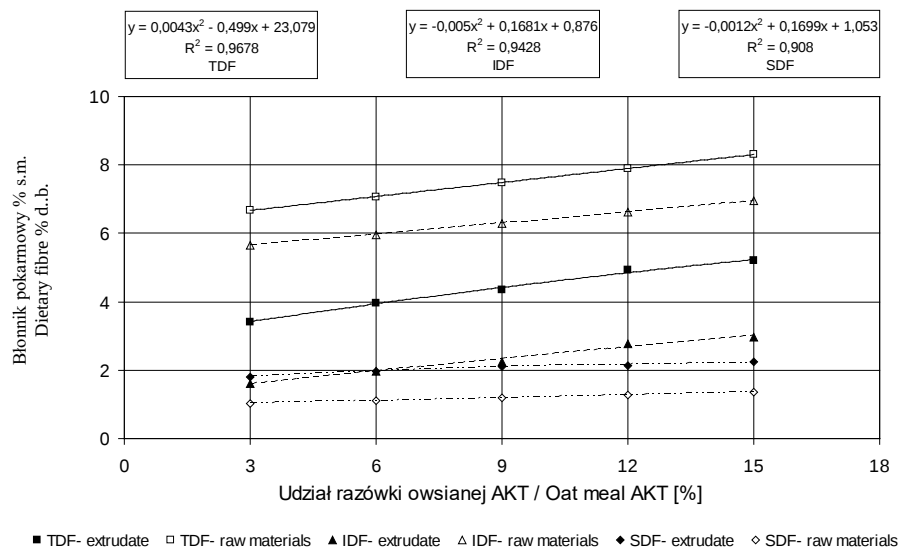
Zawartość białka, popiołu, elementów mineralnych, włókna surowego i detergentowego w ekstrudatach (%s.m.)

The contents of protein, ash, mineral components, crude fibre and detergent fibre in extrudates (% d.b.)

Białko Protein (% d.b.)	Fracje włókna pokarmowego Dietary fibre fraction (% d.b.)					Włókno surowe Crude fibre (% d.b.)	Popiół Ash (% d.b.)	Fe (mg/kg d.b.)	Mn mg/kg (d.b.)	Ni mg/kg (d.b.)
	NDF	ADF	HCEL	CEL	ADL					
8,45	2,75	0,61	2,14	0,48	0,13	0,46	1,50	13,77	2,43	0,25
8,67	3,12	0,65	2,52	0,51	0,14	0,45	1,54	14,65	3,62	0,32
8,85	3,26	0,71	2,51	0,54	0,17	0,51	1,60	15,62	5,05	0,38
8,99	3,54	0,78	2,86	0,52	0,26	0,56	1,64	15,93	6,24	0,42
9,25	3,79	0,82	3,14	0,49	0,33	0,58	1,67	16,63	7,31	0,49
8,44	2,54	0,63	1,91	0,46	0,17	0,40	1,53	15,75	2,63	0,26
8,64	2,85	0,64	2,21	0,48	0,19	0,46	1,55	16,20	3,22	0,29
8,93	3,55	0,71	2,84	0,54	0,18	0,48	1,57	16,68	4,14	0,32
8,97	3,12	0,83	2,29	0,66	0,17	0,49	1,59	16,88	4,76	0,33
9,23	3,34	0,88	2,46	0,71	0,17	0,50	1,63	17,32	5,58	0,37
8,49	2,52	0,63	1,89	0,45	0,18	0,42	1,50	14,45	2,77	0,27
8,71	2,88	0,75	2,13	0,51	0,20	0,48	1,54	15,34	3,46	0,27
8,82	3,42	0,82	2,53	0,61	0,21	0,54	1,57	16,14	3,77	0,30
8,98	3,14	0,79	2,35	0,56	0,23	0,54	1,60	17,84	4,59	0,31
9,15	3,43	0,83	2,57	0,61	0,22	0,56	1,63	19,56	5,79	0,33
8,93	3,55	0,71	2,84	0,54	0,18	0,48	1,57	16,68	4,14	0,32
8,90	3,57	0,79	2,78	0,61	0,18	0,53	1,57	16,27	3,75	0,37
8,88	3,55	0,81	2,63	0,59	0,22	0,49	1,56	16,62	3,80	0,34
8,92	3,40	0,81	2,59	0,60	0,22	0,45	1,59	16,57	3,74	0,34
8,94	3,20	0,80	2,40	0,60	0,20	0,44	1,59	15,75	3,46	0,32
8,86	3,25	0,85	2,40	0,64	0,21	0,42	1,58	15,69	3,64	0,33
8,89	3,32	0,90	2,35	0,68	0,22	0,45	1,57	15,75	3,53	0,35
8,91	2,59	0,83	1,76	0,58	0,25	0,45	1,58	15,70	3,32	0,38
8,78	2,51	0,75	1,76	0,54	0,21	0,43	1,58	15,85	3,86	0,37
8,88	2,83	0,75	2,08	0,54	0,21	0,45	1,55	15,70	3,90	0,34
8,78	2,89	0,74	2,11	0,54	0,20	0,43	1,60	16,82	4,01	0,35
8,70	2,97	0,73	2,24	0,53	0,20	0,42	1,57	17,09	4,12	0,38
8,93	3,55	0,71	2,84	0,54	0,18	0,48	1,57	16,68	4,14	0,32
8,77	3,10	0,69	2,41	0,52	0,17	0,45	1,60	16,64	4,32	0,38
8,64	3,40	0,74	2,65	0,57	0,17	0,50	1,59	16,68	4,49	0,40

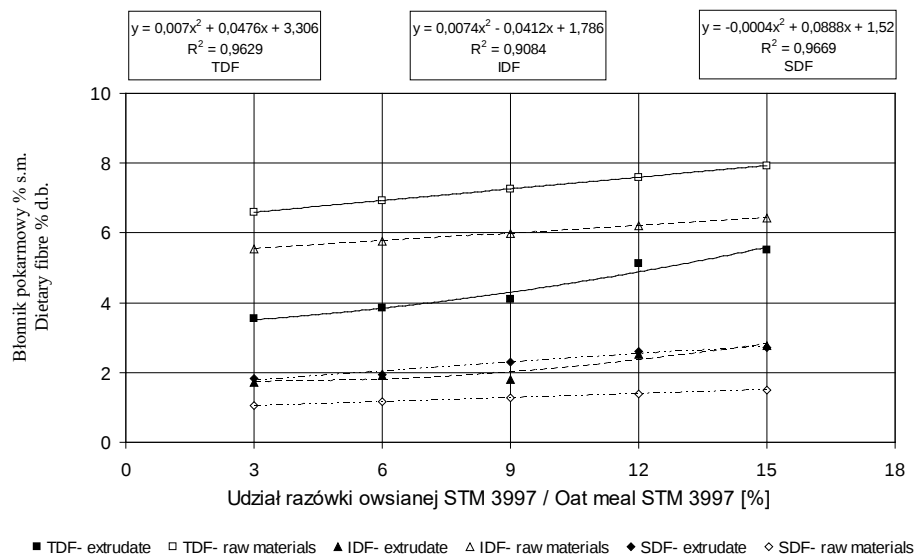
NDF — włókno neutralno-detergentowe; Neutral detergent fibre; ADF — włókno kwaśno-detergentowe; Acid detergent fibre; HCEL — hemiceluloza; hemicellulose; CEL — celuloza/cellulose; ADL — lignina; lignin

Chemiczne metody oznaczania błonnika nie oddają w pełni fizjologicznych warunków trawienia. Przeprowadzono więc badania z wykorzystaniem metod enzymatycznych. W wyniku procesu ekstruzji w każdej z mieszanin obserwuje się wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnych (SDF) i jednocześnie obniżenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) oraz frakcji nierozpuszczalnych (IDF) (rys. 1–5). Przyrost frakcji błonnika rozpuszczalnego nie rekompensuje ubytku błonnika nierozpuszczalnego, stąd odnotowano także obniżenie zawartości błonnika całkowitego.



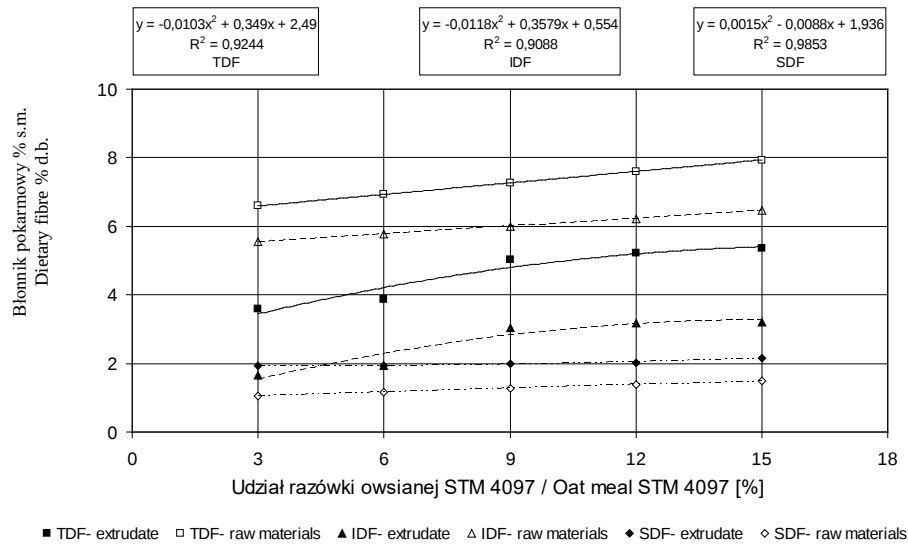
Rys. 1. Wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego Akt na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF).

Fig. 1. Influence of the whole grain meal of naked oat on the contents of total dietary fibre (TDF) and its SDF and IDF fractions

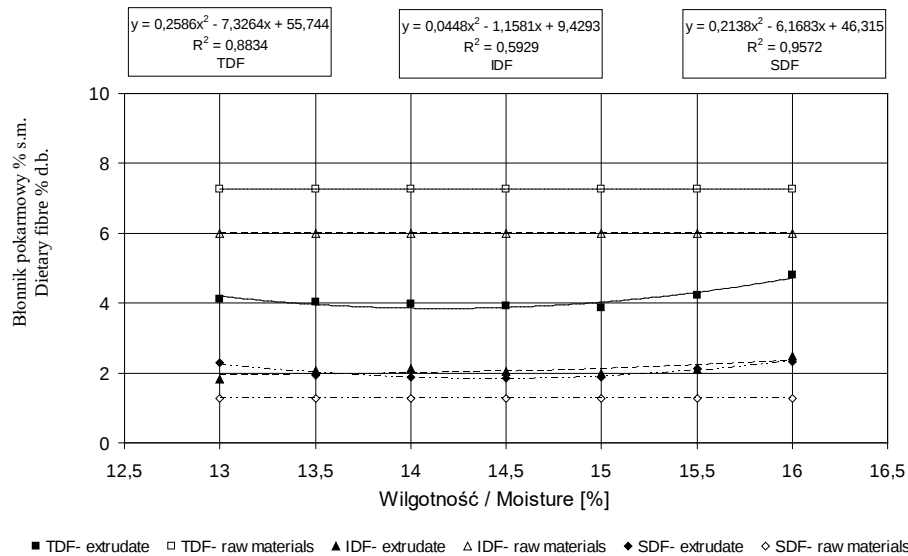


Rys. 2. Wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego STM 3997 na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF).

Fig. 2. Influence of the whole grain meal of naked oat on the contents of total dietary fibre (TDF) and its SDF and IDF fractions



Rys. 3. Wpływ udziału razówki owsa nagonasiennego STM 4097 na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF)
Fig. 3. Influence of the whole grain meal of naked oat on the contents of total dietary fibre (TDF) and its SDF and IDF fractions

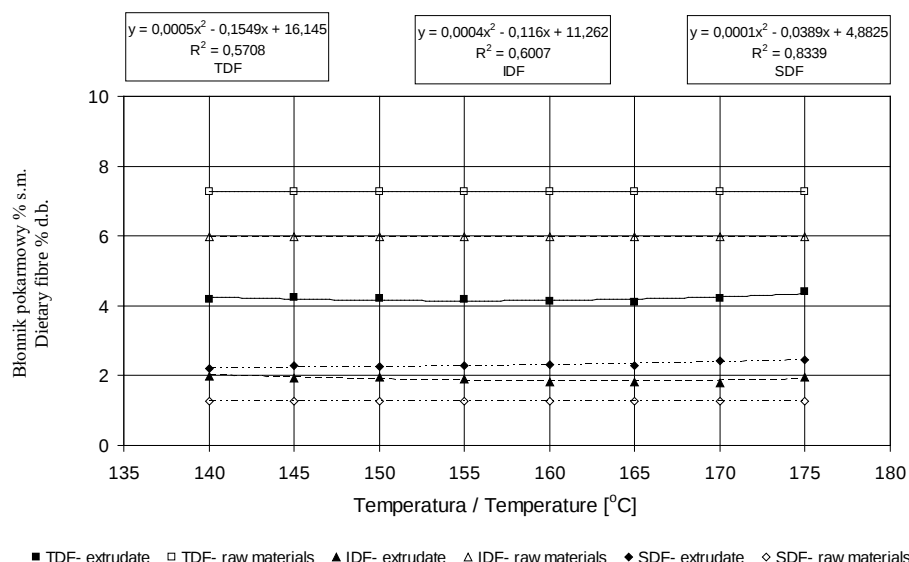


Rys. 4. Wpływ wilgotności surowca na zawartość błonnika całkowitego oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej (razówka owsa STM 3997 — 9%, temp. 165°)

Fig. 4. Influence of the moisture content of the raw material on the contents of total dietary fibre (TDF) and its IDF and SDF fractions (oat meal STM 3997 — 9%, temp. 165°C)

Podobne zmiany obserwowali także Larrea i wsp. (2005), Maritn-Cabrejas i wsp. (1999) oraz Camire i wsp. (1993). Tak intensywna obróbka, jaką jest ekstruzja, powoduje rozrywanie długich łańcuchów frakcji IDF na mniejsze fragmenty o rozmiarach zbliżonych do rozmiarów frakcji SDF. Tak powstała sztucznie wytworzona frakcja błonnika rozpuszczalnego posiada nadal strukturę chemiczną frakcji nierozpuszczalnej, jakkolwiek traci niektóre ze swoich właściwości jak np.: zdolność wiązania kwasów żółciowych (Camire i in., 1993).

Istotny wpływ na zachodzące zmiany wywarł nie tylko skład surowcowy (rys. 1–3), ale także wilgotność surowca (rys. 4) oraz temperatura procesu (rys. 5). Dla ekstrudatów z udziałem razówki owsa nagiego STH 3997, przy zwiększeniu wilgotności surowca z 13 do 16%, notowano zwiększenie frakcji nierozpuszczalnej z 1,81 do 2,49% s.m. (rys. 4). Trzeba jednak zaznaczyć, że zawartość tej frakcji była nadal niższa od wartości oczekiwanej. Analiza przebiegu krzywej zawartości błonnika rozpuszczalnego (SDF) wskazuje na charakterystyczne minimum zawartości tej frakcji przy wilgotności surowca 14,5%. Każdorazowo zawartość SDF w ekstrudacie jest wyższa od wartości oczekiwanej, wynikającej ze składu surowcowego.



Rys. 5. Wpływ temperatury procesu na zawartość błonnika całkowitego oraz frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej (razówka owsa STM 3997 — 9%, wilgotność 13%)

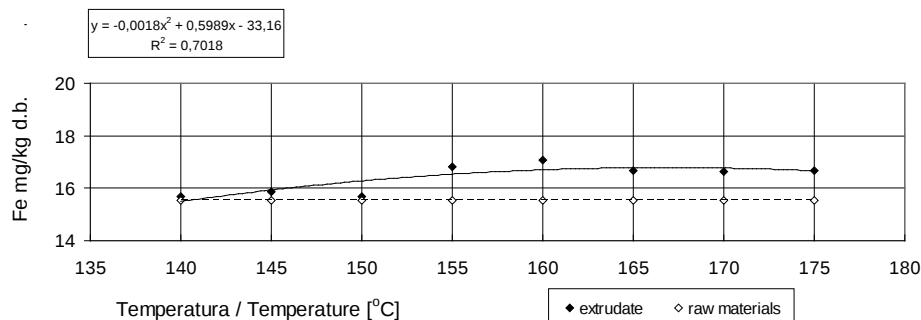
Fig. 5. Influence of barrel temperature on the contents of total dietary fibre (TDF) and its IDF and SDF fractions (oat meal STM 3997 — 9%, moisture content 13%)

W badanych zakresach, nie odnotowano wyraźnego wpływu temperatury na kierunkowość zmian zawartości błonnika (rys. 5). Zaobserwowane różnice są niewielkie.

Wraz ze wzrostem temperatury procesu ze 140°C do 175°C odnotowano wzrost zawartości SDF z 2,2 do 2,45% s.m. Zawartość IDF oraz TDF w przedziale temperatur 165–170°C ulega obniżeniu, co wskazuje na wzrost intensywności procesu. Po przekroczeniu temperatury 170°C obserwuje się wzrost zawartości tych frakcji. Podobną kierunkowość zmian obserwował także Rzedzicki i wsp. (2004 b). Według autorów w wyższych temperaturach procesu może dochodzić do tworzenia się skrobi odpornej, której towarzyszy właśnie wzrost IDF i TDF.

W pracy zestawiono wyniki analiz błonnika przy zastosowaniu trzech różnych metod (tab. 5, rys. 1–5). Zestawienie takie pozwala na porównawczą ocenę metod oznaczania błonnika pokarmowego. Zupełnie nieprzydatną metodą do oznaczania składników strukturalnych, zwłaszcza produktów wysoko przetworzonych, jest metoda weendejska. Wskazują na to bardzo duże rozbieżności pomiędzy włóknom surowym a błonnikiem pokarmowym całkowitym (TDF). Dużą zawodnością odznacza się również metoda detergentowa. Przeprowadzone badania oraz badania wcześniejsze (Rzedzicki, 2005) wskazują, że może być ona stosowana tylko do orientacyjnego śledzenia kierunkowości zmian w ramach danej grupy surowców.

Wielu autorów twierdzi, że proces ekstruzji może prowadzić do poważnego wzrostu zanieczyszczeń metalami w produktach. Artz i wsp. (1992) wykazał ponad 6-krotny wzrost zawartości żelaza w ekstrudatach, Szpendowski i wsp. (1996) notował 5-krotnie wyższą zawartość Fe w ekstrudowanym produkcie w porównaniu do surowca. Według Camire (2000), do zwiększonego przechodzenia mikroelementów do ekstrudatów przyczyniać się może wzrost zawartości włókna w surowcach. Przeprowadzone badania wykazały, że nie zawsze takie tendencje muszą wystąpić. Przy zachowaniu właściwych parametrów procesu, wzrost udziału komponentów owsianych nie wpłynął znacząco na zwiększenie zawartości metali w ekstrudatach. Obserwowane zmiany wynikały głównie ze zmiany składu mieszanki. Notowano natomiast nieznaczny wzrost zawartości Fe, Mn i Ni wraz z podniesieniem temperatury procesu i obniżeniem wilgotności przetwarzanego materiału (tab. 5).



Rys. 6. Wpływ temperatury procesu na zawartość żelaza (razówka owsa STM 3997 — 9%, wilgotność 13%)

Fig. 6. Influence of the process temperature on the iron content (oat meal STM 3997 — 9%, moisture content 13%)

Rysunek 6 przedstawia przykładowe porównanie zawartości Fe w produkcie gotowym i surowcu dla ekstrudatów z 9% udziałem razówki STH 3997 przy zmiennej temperaturze procesu. Potwierdziły się zatem informacje o wpływie czynników procesu na zużycie elementów roboczych ekstrudera i przechodzenie metali do produktów (Szpendowski i in., 1996; Camire i in., 1993; Artz i in., 1992). Skala występujących zmian w naszych badaniach jest jednak kilkakrotnie niższa.

WNIOSKI

1. Wprowadzenie do kaszki kukurydzianej dodatku razówki owsa nagonasiennego pozwala na otrzymanie ekstrudatów o zdecydowanie niższym współczynniku rozpuszczalności suchej masy (WSI)
2. Ekstruzja powoduje istotne zmiany zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego w wyrobach ekstrudowanych w porównaniu do surowca. Notuje się obniżenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) oraz frakcji nierozpuszczalnej (IDF) z jednoczesnym wzrostem frakcji rozpuszczalnej (SDF).
3. Ekstruzja mieszanin kaszki kukurydzianej z razówką owsa nagonasiennego nie wpłynęła na znaczny wzrost zanieczyszczeń metalicznych. Notowano tylko kilkuprocentowy wzrost zawartości Fe, Mn i Ni w ekstrudatach w porównaniu do wartości oczekiwanych wynikających ze składu surowcowego.
4. Badane odmiany owsa nagonasiennego mogą być dobrym surowcem dla przemysłu spożywczego. Pozwalają one na uzyskanie produktów o podwyższonej zawartości białka i błonnika pokarmowego, w szczególności frakcji rozpuszczalnych SDF.

LITERATURA

- Aldoori W. H., GioVannucci E. L., Rockett H. R. H., Sampson L., Rimm E. B., Willett W. C. 1997. A prospective study of dietary fiber types and symptom diverticular disease in men. *J. Nutr.* 127: 714 — 719.
- Artz W. E., Rao S. K., Sauer R. M. 1992. Lipid oxidation in extruded products during storage as affected by extrusion temperature and selected antioxidants. In: *Food Extrusion Science and Technology*. Marcel Dekker Inc., New York: 449 — 461.
- Braaten J. T., Wood P. J., Scot F. W. 1994. Oat β -glucan reduces serum cholesterol concentration in hypercholesterolemic subject. *European Journal of Clinical Nutrition*, 48: 465 — 474.
- Camire M. E. 2000. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. *Extruders in food application*. Lancaster: 127.
- Camire M. E., Zhao J., Violette D. A. 1993. *In vitro* binding of bile acids of extruded potato peels. *J. Agric. Food Chem.* 41: 2391 — 2394.
- Drzikowa B., Dongowski G., Gebhardt E., Habel A. 2005. The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile binding and fermentation *in vitro*. *Food Chemistry* 90: 181 — 192.
- Edwards Ch. A. 1995. The physiological effects of dietary fibre. In: *Dietary fiber in health and disease*. St. Paul, Minnesota, USA: 58 — 71.
- Gerhardt A. L., Gallo N. G. 1998. Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.* 128: 865 — 869.
- Gujral H. S., Singh N., Singh B. 2001. Extrusion behaviour of grits from flint and sweet corn. *Food Chemistry* 74: 303 — 308.

- Hashimoto J. M., Grossmann M. V. E. 2003. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. *Int. J. Food Sci. Technol.* 38: 511 — 517.
- Johnson I. T. 2004. New approaches to the role of diet in the prevention of cancers of the alimentary tract. *Mutation Research*, 551: 9 — 28.
- Kahlon T. S. 2001. Cholesterol-lowering properties of cereal fibre and fractions. In: *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science, UK: 206 — 220.
- Lairon D. 2001. Dietary fibres and dietary lipids. *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science UK: 177 pp.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez Bustos F. 2005. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chemistry* 89: 301 — 308.
- Maki K. C., Davidson M. H., Ingram K. A., Veith P. E., Bell M., Gugger E. 2003. Lipid responses to consumption of a beta-glucan containing ready-to-eat in children and adolescents with mild-to-moderate primary hypercholesterolemia. *Nutrition Research* 23: 1527 — 1535.
- Martin-Cabrejas M. A., Jamie L., Karanja C., Downie A. J. Parker M. L., Lopez-Andreu F. J., Maina G., Esteban R. M., Smith A. C., Waldron K. W. 1999. Modification to physicochemical and nutritional properties of hard-to-cook beans (*Pahsedus vulgaris L.*) by extrusion cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 47 (3): 1174 — 1182.
- Onning G., Wallmark A., Persson M., Akesson B., Elmastahl S., Öste R., Luddiquisit I. 1999. Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. *Annals in Nutrition and Metabolism*, 43: 301 — 309.
- Poutanen K. 2001. Effect of processing on the properties of dietary fibre. In: *Advanced dietary fibre technology*. Blackwell Science, UK: 277 — 282.
- Rzedzicki Z. 2005. Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, Tom XXXVII: 141 — 146.
- Rzedzicki Z., Zarzycki P. 2005. Badania procesu ekstruzji mieszanin z udziałem lędwianu i razówki owsianej. *Acta Agrophysica* 6 (2): .
- Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A. 2004 a. Badania właściwości reologicznych ekstrudatów z udziałem komponentów owsianych. *Annales UMCS Sec. E*, 59: 315 — 322.
- Rzedzicki Z., Kozłowska H., Troszyńska A. 2004 b. Application of pea hulls for extrudate production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, vol. 13/54, no 4: 363 — 368.
- Rzedzicki Z., Mysza A., Kasprzak M. 2004 c. Badania nad metodą oznaczania współczynnika rozpuszczalności suchej masy. *Annales UMCS. Sec. E.*, 59: 323 — 328.
- Singh N., Smith C. 1997. A Comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking process. *J. Food Eng.* 34: 15 — 32.
- Smith A. C. 1992. Studies on the physical structure of starch based material in the extrusion cooking process. In: *Food Extrusion Science and Technology*. M. Dekker, New York: 573 — 619.
- Sobota A., Rzedzicki Z. 2004. Badania nad technologią ekstruzji dwuślimakowej ekstrudatów z udziałem otrąb pszennych. *Annales UMCS Sec. E*, 59: 303 — 313.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J. 1996. The effect of extrusion on the content of minerals in selected extruded products. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Technologia Alimentorum* 29: 15 — 23.
- Van Soest P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. II: A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A.O.A.C.*, 46: 829 — 835.
- Van Soest P. J., Wine R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. IV: Determination of plant cell-wall constituents. *J. A.O.A.C.*, 50: 50 — 51.
- Vasanthan T., Bhatta R. S. 1998. Enhancement of resistant starch (RS3) in amyl maize, barley, field pea and lentil starches. *Starch/Staerke*, 50: 286 — 291.