

ZBIGNIEW RZEDZICKI, PIOTR ZARZYCKI

WPŁYW PROCESU EKSTRUZJI MIESZANEK KUKURYDZIANO-OWSIANYCH NA ZMIANY SKŁADU FRAKCYJNEGO BŁONNIKA POKARMOWEGO

Streszczenie

Badano wpływ udziału razówki owsianej i lędwianowej na przebieg procesu ekstruzji oraz przemiany chemiczne polisacharydów nieskorbiowych w ekstrudatach. Stwierdzono, że mieszanina kaszki kukurydzianej z razówką owsianą może być wartościowym surowcem do produkcji wyrobów ekstrudowanych. Założone parametry procesu (profil rozkładu temperatury cylindra 145/165/120°C, wilgotność surowca 13,5%; matryca 3,5 mm) umożliwiły ustabilizowanie warunków wytłaczania przy maksymalnej, 18-procentowej zawartości razówki owsianej w ekstrudowanej mieszance. Proces ekstruzji wpłynął na obniżenie w ekstrudatach zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) i jego frakcji nierozpuszczalnej (IDF) oraz powodował wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF). Wielkość tych zmian była uzależniona od składu mieszanki. Nie stwierdzono znaczącego wzrostu zawartości żelaza, manganu i niklu w wyrobach ekstrudowanych w porównaniu z mieszankami surowców.

Słowa kluczowe: ekstruzja, owies, lędwian, kukurydza, błonnik pokarmowy

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych i niezastąpionych składników żywności o korzystnym wpływie na organizm człowieka jest błonnik pokarmowy [1, 6, 14]. Obserwowany od kilkunastu lat wzrost zainteresowania błonnikiem pokarmowym zarówno ze strony nauki, jak i konsumentów nie wpłynął jednak na spodziewaną zmianę nawyków żywieniowych. Nadal codzienne spożycie błonnika w krajach wysokorozwiniętych jest niższe od zalecanego [5]. W wielu procesach technologicznych przemysłu spożywczego błonnik ciągle traktowany jest jako zbędny „balast” obniżający właściwości funkcjonalne i sensoryczne żywności. Upowszechnianie się nowych technologii, w tym ekstruzji, nie spowodowało radykalnych zmian w tym zakresie. Niewątpliwą zaletą ekstruzji, która powinna być szeroko wykorzystana, jest możliwość bardzo dobrego wkomponowania frakcji błonnikowej w skład produktu. Otrzymane ekstrudaty wykazują wysoki stopień przetworzenia, dobrą teksturę i są pod względem sensorycznym atrakcyjne dla konsumenta [9, 10, 11, 15]. W czasie ekstruzji materiał

jest intensywnie mieszany, uplastyczniany aż do upłynnienia masy włącznie. Tak przetworzony surowiec jest formowany do postaci gotowego produktu. W wyniku procesu dochodzi nie tylko do całkowitej zmiany fizycznej przetwarzanego surowca, ale także zachodzą istotne przemiany chemiczne w składnikach ekstrudowanej masy. Obserwuje się m.in. gwałtowny wzrost rozpuszczalności suchej masy [12, 13], spadek zawartości całkowitego błonnika pokarmowego (TDF) przy jednoczesnym wzroście zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF) i jednoczesnym spadku zawartości frakcji nierozpuszczalnej (IDF) w ekstrudacie w porównaniu z surowcem [4, 7, 8, 10, 19]. Autorzy tłumaczą to zachodzącą w czasie procesu depolimeryzacją polisacharydów nieskrobiowych, które w czasie analiz oznaczane są jako frakcje rozpuszczalne. Istotny wpływ na zachodzące zmiany wywiera temperatura procesu i wilgotność surowca. Niektórzy badacze zwracają uwagę na pewne niebezpieczeństwo, że duży udział komponentów błonnikowych w przetwarzanym surowcu może powodować zwiększone ścieranie elementów roboczych ekstrudera i powodować istotny wzrost zanieczyszczeń metalicznych w produktach gotowych [3].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu składu ekstrudowanych mieszanin z udziałem kaszki kukurydzianej, razówki owsianej i lędźwianu na przebieg ekstruzji, zmiany składu chemicznego ze szczególnym uwzględnieniem zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego (TDF, IDF, SDF) oraz możliwość wzrostu zanieczyszczeń metalicznych produktu.

Materiał i metody badań

Surowcami zastosowanymi w badaniach były: kaszka kukurydziana, nasiona lędźwianu siewnego odmiany Derek, ziarno owsa obłuszczonego o składzie chemicznym podanym w tab. 1. i 2. oraz pełnotłuste mleko w proszku i sól. Nasiona lędźwianu siewnego oraz ziarno owsa łuszczonego rozdrabniano do odpowiedniej granulacji przy użyciu rozdrabniacza udarowego, typ H-111/3, z zastosowaniem sit o średnicy otworów 3 mm [13]. Komponenty mieszano w ściśle określonych proporcjach wynikających z zastosowanego modelu doświadczenia (tab. 3), nawilżano do wilgotności 13,5% a następnie kondycjonowano przez okres 12 h w celu zapewnienia właściwej dyfuzji wody w surowcu. W badaniach zastosowano ekstruder jednoślیمakowy S-45 produkcji Metalchem Gliwice (L:D=12:1; stopień sprężania ślimaka 3:1). Na podstawie dotychczasowych badań [13] oraz badań pilotażowych przyjęto następujące parametry procesu: średnica matrycy 3,5 mm; obroty ślimaka 110 obr./min; rozkład temperatury cylindra 145/165/120°C. W surowcach (tab. 1 i 2) oraz otrzymanych ekstrudatach (tab. 3, rys. 1 - 5)) oznaczano zawartość białka [AACC, Method 46-08, N x 6,25], tłuszczu [AACC, Method 30-10], włókna surowego metodą weendejską (AACC, Method 32-10) i popiołu [AACC, Method 08-01]. Oznaczano również błonnik pokarmowy całkowity (TDF), nierozpuszczalny (IDF) i rozpuszczalny (SDF). Oznaczenia wykonywano według metod AOAC, Method 991.43; AOAC Method 985.29; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32-21; AACC, Method 32-05 stosując zestawy enzymów i procedury firmy Megazyme. Oznaczenia poszczególnych

frakcji włókna detergentowego wykonano zgodnie z metodyką opracowaną przez van Soesta [17] oraz van Soesta i wsp. [18]. Zawartość żelaza, manganu, i niklu w poszczególnych ekstrudatach określano metodą atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej (ASA) przy użyciu aparatu Unicam 939 [AOAC, Method 975.03].

Tabela 1

Skład chemiczny surowców [% s.m.].

The chemical composition of raw materials [% d.m.].

Komponent Component	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Popiół Ash	Błonnik pokarmowy Dietary fibre			Pierwiastki / Elements [mg/kg s.m.]		
				TDF	IDF	SDF	Fe	Mn	Ni
Kaszka kukurydz. Corn semolina	8,41	1,18	1,45	6,26	5,32	0,94	13,05	1,21	0,23
Lędźwian Everlasting pea	28,00	1,14	3,40	33,37	29,02	4,35	76,32	22,14	3,50
Razówka owsiana Oat whole grain meal	14,93	7,64	2,12	18,05	13,32	4,73	38,96	32,56	0,65

Objaśnienia; / Explanatory notes:

TDF – błonnik pokarmowy całkowity / total dietary fibre; IDF – błonnik pokarmowy nierozpuszczalny / insoluble dietary fibre; SDF – błonnik pokarmowy rozpuszczalny / soluble dietary fibre.

Tabela 2

Zawartość poszczególnych frakcji włókna detergentowego w surowcach [% s.m.].

The content of particular dietary fibre fractions in raw materials [% d.m.].

Komponent Component	NDF	ADF	HCEL	CEL	ADL	Włókno surowe Crude fibre
Kaszka kukurydz. Corn semolina	3,65	0,86	2,79	0,75	0,11	0,45
Lędźwian Everlasting pea	21,72	7,87	13,85	7,81	0,06	5,75
Razówka owsiana Oat whole grain meal	13,02	4,7	8,32	2,75	1,95	2,3

Objaśnienia; / Explanatory notes:

NDF – włókno neutralno-detergentowe / neutral detergent fibre; ADF – włókno kwaśno-detergentowe / acid detergent fibre; HCEL – hemiceluloza / hemi-cellulose; CEL – celuloza / cellulose; ADL – lignina / lignin.

Poszczególne oznaczenia wykonywano w 3 powtórzeniach, obliczano wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Jeżeli współczynnik zmienności przekraczał szacowany błąd metod, analizy wykonywano ponownie aż do uzyskania właściwego rozrzutu wyników.

Wyniki i dyskusja

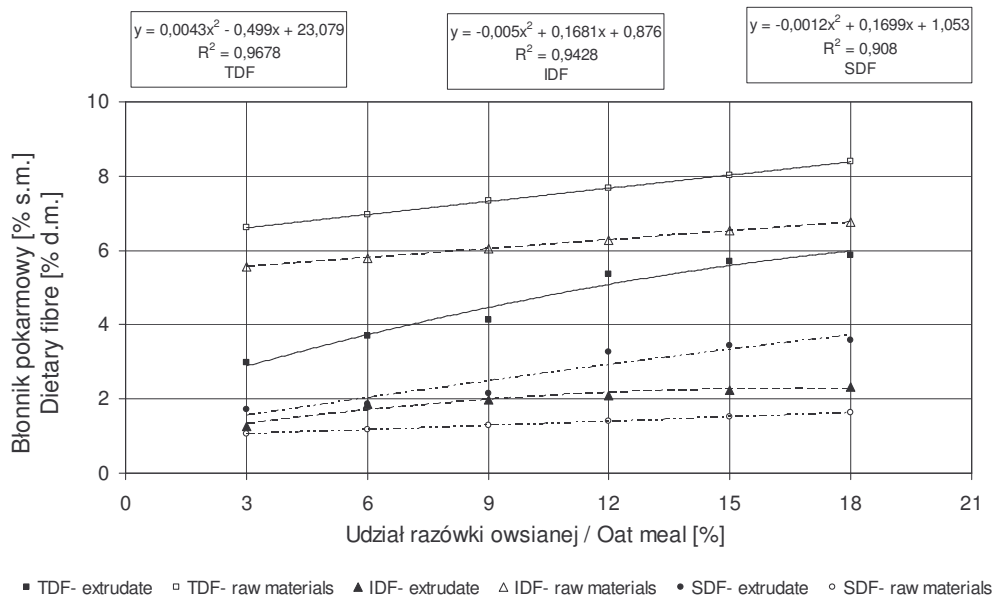
Wprowadzenie do mieszanek z kaszką kukurydzianą razówki owsianej, lędźwianu i pełnego mleka w proszku nie wpłynęło na pogorszenie warunków ekstruzji. Przy zastosowanych parametrach procesu (profil rozkładu temperatury 145/165/120°C, wilgotność surowca 13,5%; matryca 3,5 mm) istnieje możliwość ustabilizowania warunków wyłaczania i otrzymania produktów o cechach ekstrudatu spożywczego [13]. Zastosowany ekstruder jednoślindakowy S-45, produkcji Metalchem Gliwice (L:D = 12:1; stopień sprężania ślimaka 3:1), umożliwił przetwarzanie mieszanek z maksymalnym, 18-procentowym dodatkiem razówki owsianej. Wyższy udział powodował „płynięcie materiału”, występowanie poślizgu i brak możliwości ustabilizowania warunków wyłaczania.

Zwiększenie udziału razówki owsianej i dodatek rozdrobnionych nasion lędźwianu spowodował znaczący wzrost zawartości białka oraz wzrost zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego oznaczanego metodą detergentową (tab. 3). W przypadku mieszanin kukurydziano-owsianych zwiększenie udziału razówki owsianej z 3 do 18% spowodowało wzrost TDF odpowiednio z 2,97 do 5,88% s.m., IDF z 1,25 do 2,31% s.m. oraz SDF z 1,72 do 3,57% s.m. (rys. 1). Najwyższą zawartość TDF i IDF otrzymano po wprowadzeniu do mieszanin dodatku lędźwianu (rys. 3). W próbach z 3-procentowym udziałem razówki owsianej, 1-procentowy dodatek lędźwianu powodował wzrost TDF odpowiednio z 2,97 do 4,77% s.m. i IDF z 1,25 do 2,54% s.m. Porównując jednak oznaczone zawartości błonnika pokarmowego całkowitego oraz jego frakcji w ekstrudatach z wartościami oczekiwanymi, wynikającymi ze składu surowcowego mieszanki, należy stwierdzić, że ekstruzja jednoślindakowa powodowała istotne zmiany w błonniku pokarmowym. Obserwowano wzrost zawartości frakcji rozpuszczalnych SDF i jednoczesne zmniejszenie zawartości nierozpuszczalnych frakcji IDF. Stwierdzono także zmniejszenie zawartości błonnika całkowitego TDF, jak również frakcji włókna detergentowego w odniesieniu do wartości oczekiwanych. Tendencje takie wystąpiły we wszystkich analizowanych próbach (rys. 1-4). Podobny wpływ ekstruzji na zmiany zachodzące w poszczególnych frakcjach błonnika pokarmowego obserwowali także Camire i wsp. [3], Martin-Cabrejas i wsp. [8] oraz Larrea i wsp. [7]. Tak intensywna obróbka, jaką jest ekstruzja, może powodować rozrywanie długich łańcuchów frakcji IDF na mniejsze fragmenty i utratę niektórych swoich właściwości, jak np. zdolność wiązania kwasów żółciowych [3]. Przyrost frakcji błonnika rozpuszczalnego nie rekompensował zatem ubytku

błonnik nierozpuszczalny, co skutkowało zmniejszeniem zawartości błonnika całkowitego. Można więc wnioskować, że w wyniku intensywnej obróbki termoplastycznej musi następować rozpad polisacharydów nieskrobiowych do postaci oligosacharydów niepoddających się precypitacji w czasie oznaczania błonnika rozpuszczalnego. Podobne zmiany zawartości TDF, SDF i IDF obserwowali również Rzedzicki i wsp. [10], poddając ekstruzji mieszaniny kaszki kukurydzianej i łuski grochowej. Autorzy wykazali, że istotny wpływ na zachodzące zmiany wywiera zarówno skład mieszanki, jak i parametry procesu, takie jak wilgotność przetwarzanego surowca i temperatura procesu.

Wprowadzenie do mieszanki 1% pełnotłustego mleka w proszku nie wpłynęło ochronnie na błonnik pokarmowy. Należało oczekiwać, że zwiększona zawartość tłuszczu w mieszance obniży destrukcyjne oddziaływanie ciśnienia i ciepła. Zaobserwowane zmiany są jednak niewielkie.

Główną trudnością w porównywaniu wyników różnych autorów i interpretacji wpływu poszczególnych parametrów procesu na zmiany zawartości błonnika pokarmowego jest duża różnorodność stosowanych technik analitycznych do oznaczania tego składnika żywności. W pracy zestawiono ze sobą wyniki uzyskane przy zastosowaniu trzech różnych metod: detergentowej, enzymatycznej oraz wendejskiej (włókno surowe). Analiza tych wyników (tab. 1, 2, 3 i rys. 1–4) wskazuje na znikomą przydatność metody oznaczania włókna surowego do oceny zawartości składników niestrawnych żywności wysoko przetworzonej. Rozbieżności pomiędzy błonnikiem pokarmowym całkowitym TDF oraz włóknem surowym są bardzo duże. Należy podkreślić, że jak dotychczas, najdoskonalszą metodą do oznaczania tej grupy związków jest metoda enzymatyczna rekomendowana przez trzy kolejne Światowe Kongresy Błonnika Pokarmowego. Metoda oznaczania włókna surowego jest szczególnie zawodna w przypadku produktów poddawanych obróbce termoplastycznej (tab. 3). Należy mieć na uwadze, że metoda enzymatyczna (w polskich warunkach), bez dopracowanej recyrkulacji odczynników, jest kosztowna. Do badania i oceny przemian frakcji błonnika pokarmowego niektórzy badacze stosują metodę detergentową. Nasze badania wykazują, że jest ona bardzo zawodna i może być stosowana tylko do orientacyjnego śledzenia kierunkowości zmian w ramach danej grupy surowców.



Rys. 1. Wpływ udziału razówki owsianej na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) w ekstrudatach.

Fig. 1. Effect of the oat whole grain meal' per cent share in the mixture on the content of the total dietary fibre (TDF) and its soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions in the extrudates.

Objaśnienia: Explanatory notes:

TDF - extrudate / błonnik całkowity w ekstrudacie,

TDF - raw materials / błonnik całkowity w surowcach,

IDF - extrudate / frakcja nierozpuszczalna błonnika w ekstrudacie,

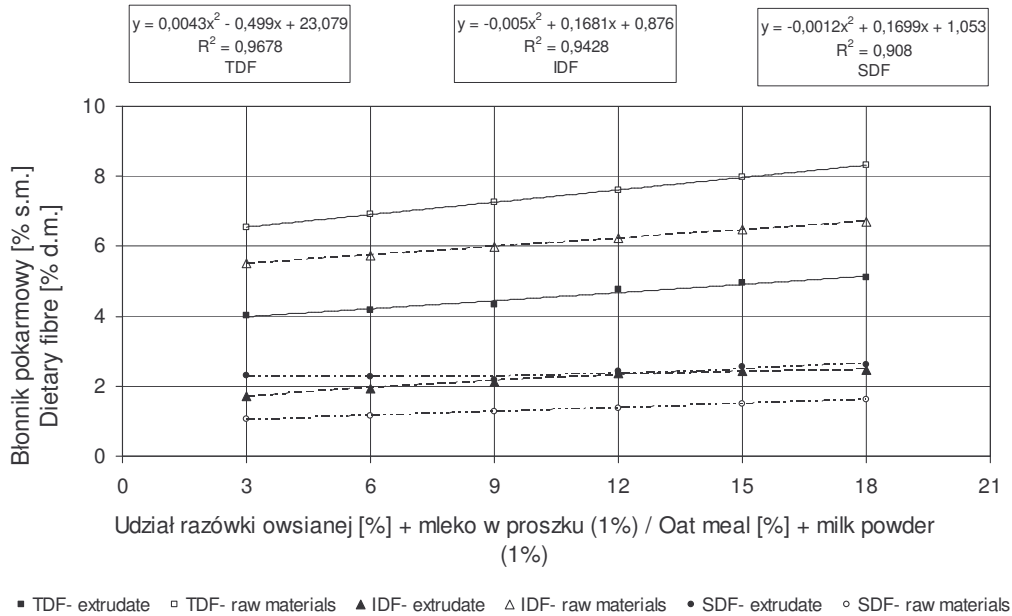
IDF - raw materials / frakcja nierozpuszczalna błonnika w surowcach,

SDF - extrudate / frakcja rozpuszczalna w ekstrudacie,

SDF - raw materials / frakcja rozpuszczalna w surowcach.

Wielu autorów stwierdziło istotny wzrost zawartości metali w wyniku procesu ekstruzji. Artz i wsp. [2] zaobserwowali nawet sześciokrotny wzrost zawartości żelaza w ekstrudatach w porównaniu z surowcem wyjściowym. Szpendowski i wsp. [16] notowali pięciokrotnie wyższą zawartość Fe w ekstrudacie w porównaniu z surowcem. Wyniki te nie znajdują potwierdzenia w niniejszych badaniach. Do takich wniosków można także dojść, biorąc pod uwagę liczbę godzin pracy ekstrudera, godzinową wydajność i możliwe ubytki masy cylindra i ślimaków w strefie wysokiego ciśnienia, wynikające z trwałości elementów roboczych. Dobrej jakości elementy robocze ekstrudera (cylinder i ślimak) wytrzymują nawet 5000 h pracy, ponieważ powierzchnia robocza cylindra i ślimaków jest utwardzana metodą azotowania. Przeprowadzone badania analityczne wykazały wzrost zawartość żelaza w otrzymanych produktach w wyniku zwiększenia udziału razówki owsianej, jak również poprzez dodatek lędwianu (tab. 3). Stwierdzono natomiast tylko nieznaczny przyrost zawartości żelaza w ekstrudatach w porównaniu z wartościami oczekiwanymi, wynikającymi ze składu surowcowego mieszanek (rys. 5). Wyniki takie mogą być warunkowane także

stosunkowo wysoką zawartością tłuszczu i śluzowych frakcji błonnika rozpuszczalnego, działających z pewnością ochronnie na ekstruder.



Rys. 2. Wpływ dodatku mleka w proszku na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) w ekstrudatach.

Fig. 2. Effect of the milk powder (1%) added on the content of the total dietary fibre (TDF) and its soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions in the extrudates.

Objaśnienia jak na rys. 1. / Denotations as in Fig. 1.

Tabela 3

Model doświadczenia i skład chemiczny ekstrudatów.

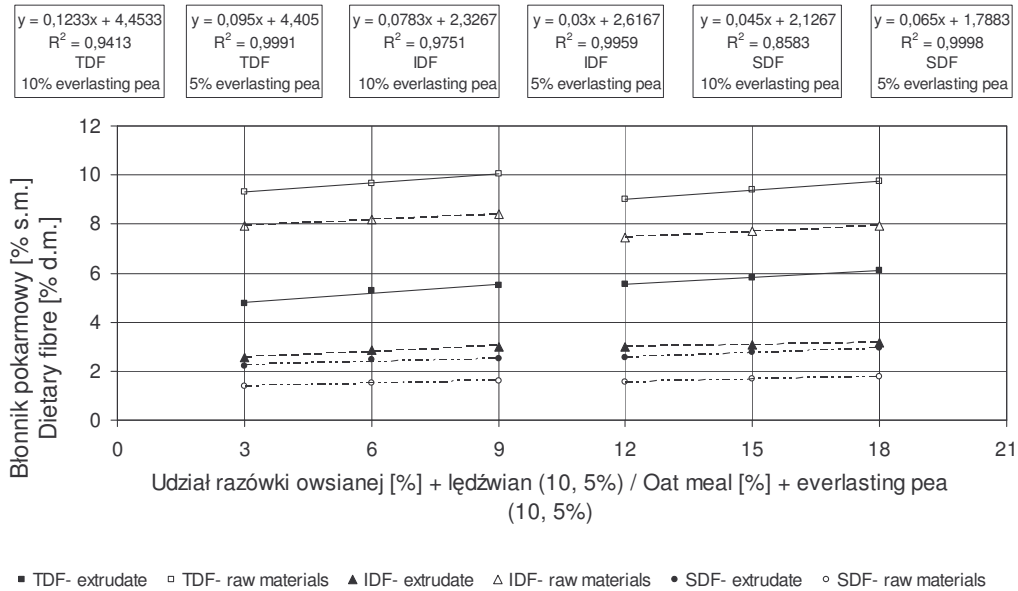
Model of the experiment and the chemical composition of extrudates.

Nr No	Komponenty / Components [%]				Białko [% s.m.] Protein [%d.m.]	Fracje włókna pokarmowego [% s.m.] Dietary fibre fraction [% d.m.]					Włókno surowe [% s.m.] Crude fibre [%d.m.]	Popiół [% s.m.] Ash [%d.m.]	Fe [mg/kg s.m.] [mg/kg d.m.]	Mn [mg/kg s.m.] [mg/kg d.m.]	Ni [mg/kg s.m.] [mg/kg d.m.]
	Kaszka kukurydz. Corn semolina	Razówka owsiana Oat whole grain meal	Łędwian Everlasting pea	Pełne mleko w proszku Milk powder		NDF	ADF	HCEL	CEL	ADL					
1	97	3			8,55	2,09	0,48	1,60	0,33	0,16	0,28	1,54	13,89	2,02	0,24
2	94	6			8,72	2,61	0,51	2,11	0,35	0,15	0,35	1,61	14,59	3,32	0,27
3	91	9			9,01	2,95	0,50	2,44	0,33	0,17	0,33	1,68	15,48	4,55	0,29
4	88	12	0	0	9,22	3,33	0,57	2,77	0,37	0,20	0,31	1,71	16,41	6,07	0,30
5	85	15			9,31	3,64	0,65	2,99	0,37	0,28	0,37	1,70	16,99	7,33	0,31
6	82	18			9,52	3,95	0,70	3,25	0,38	0,32	0,42	1,73	17,85	7,31	0,33
7	97	3			9,46	3,36	0,49	2,87	0,31	0,18	0,33	1,56	13,65	3,36	0,26
8	94	6			9,65	3,45	0,59	2,86	0,38	0,21	0,41	1,61	14,42	3,80	0,26
9	91	9			9,88	3,61	0,89	2,72	0,67	0,22	0,60	1,60	15,35	4,30	0,29
10	88	12	0	1	10,03	3,69	1,20	2,49	0,99	0,21	0,73	1,62	16,63	4,77	0,31
11	85	15			10,25	3,95	1,05	2,90	0,84	0,21	0,68	1,64	17,02	6,20	0,30
12	82	18			10,44	4,28	0,93	3,35	0,71	0,22	0,61	1,65	17,54	6,57	0,32
13	87	3	10		10,76	3,49	0,84	2,65	0,61	0,23	0,48	1,70	20,77	3,73	0,58
14	84	6	10		10,95	3,51	0,85	2,66	0,63	0,22	0,50	1,71	21,05	5,30	0,60
15	81	9	10		11,21	3,98	0,86	3,12	0,65	0,21	0,48	1,73	21,82	6,04	0,63
16	83	12	5	0	9,72	4,99	0,85	4,14	0,64	0,21	0,49	1,81	19,82	6,24	0,45
17	80	15	5		9,95	5,06	0,90	4,16	0,64	0,26	0,54	1,86	21,61	7,54	0,47
18	77	18	5		10,15	5,13	0,91	4,22	0,64	0,27	0,59	1,83	20,74	7,94	0,48
19	92	3			10,37	2,26	0,41	1,95	0,26	0,13	0,36	1,61	16,90	3,86	0,39
20	89	6			10,50	2,46	0,43	2,03	0,29	0,13	0,37	1,65	17,79	4,67	0,43
21	86	9			10,68	2,51	0,48	2,07	0,31	0,16	0,37	1,69	18,58	5,18	0,45
22	83	12	5	0,5	10,87	3,29	0,60	2,69	0,35	0,25	0,37	1,72	19,96	6,34	0,47
23	80	15			10,98	3,48	0,61	2,87	0,37	0,25	0,38	1,76	20,50	7,52	0,49
24	77	18			11,10	3,50	0,62	2,88	0,43	0,26	0,40	1,80	20,85	7,95	0,50

Objaśnienia: / Explanatory notes:

NDF – włókno neutralno-detergentowe / neutral detergent fibre; ADF – włókno kwaśno-detergentowe / acydy detergent fibre;

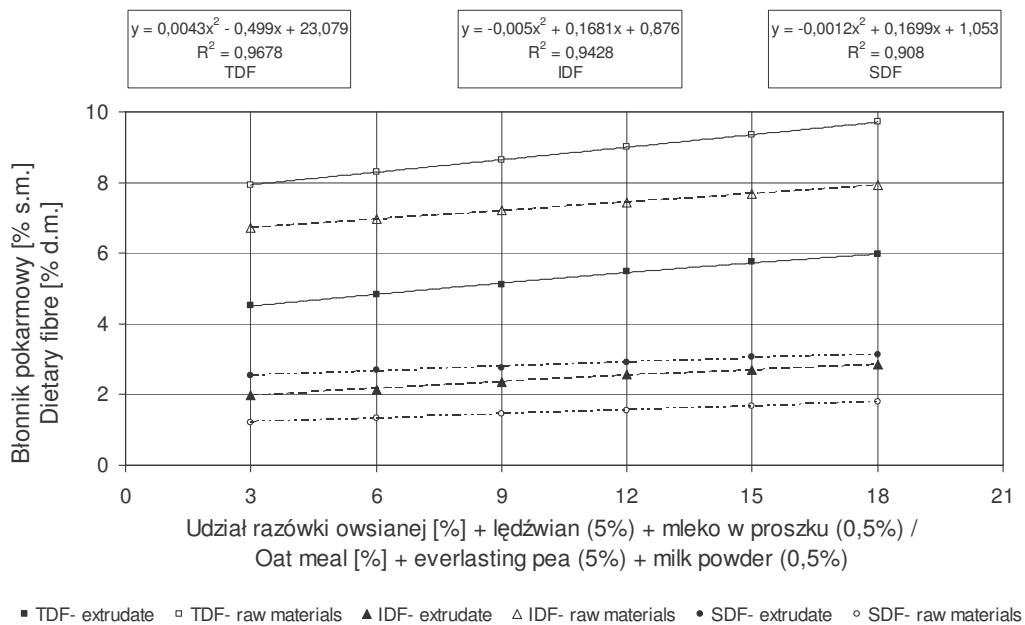
HCEL – hemiceluloza / hemi-cellulose; CEL – celuloza / cellulose; ADL – lignina / lignin.



Rys. 3. Wpływ dodatku lędwianu (5 i 10%) na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) w ekstrudatach.

Fig. 3. Effect of the everlasting pea added (5 and 10%) on the content of the total dietary fibre (TDF) and its soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions in the extrudates.

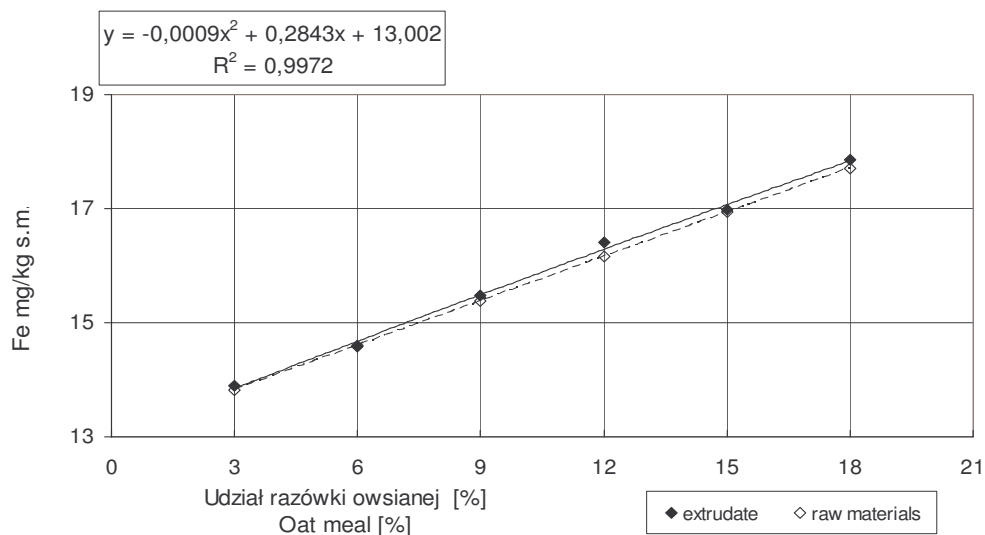
Objaśnienia jak na rys. 1. / Denotations as in Fig. 1.



Rys. 4. Wpływ dodatku łądźwianu i mleka w proszku na zawartość błonnika całkowitego (TDF) oraz frakcji rozpuszczalnej (SDF) i nierozpuszczalnej (IDF) w ekstrudatach.

Fig. 4. Effect of the everlasting pea added (5%) and milk powder (0,5%) on the content of the total dietary fibre (TDF) and its soluble (SDF) and insoluble (IDF) fractions in the extrudates.

Objaśnienia jak na rys. 1. / Denotations as in Fig. 1.



Rys. 5. Wpływ udziału razówki owsianej na zawartość żelaza w ekstrudatach.

Fig. 5. Effect of the oat whole grain meal on the content of iron in the extrudates.

Objaśnienia jak na rys. 1. / Denotations as in Fig. 1.

Wnioski

1. Wprowadzenie do ekstrudowanych mieszanek dodatku razówki owsianej w ilości do 18% i rozdrobnionych nasion łądźwianu w ilości do 10% nie powoduje zakłócenia procesu ekstruzji oraz umożliwia zwiększenie zawartości białka i błonnika pokarmowego, zwłaszcza frakcji rozpuszczalnych, w otrzymanych ekstrudatach.
2. Proces ekstruzji powoduje istotne zmiany w zawartości poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego w wyrobach ekstrudowanych w porównaniu z surowcem. W wyniku przeprowadzonej ekstruzji, w ekstrudatach stwierdzono zmniejszenie zawartości błonnika pokarmowego całkowitego (TDF) oraz frakcji nierozpuszczalnej (IDF) z jednoczesnym wzrostem zawartości frakcji rozpuszczalnej (SDF).

3. Pomimo zastosowania dodatku razówki owsianej i pełnotłustego mleka w proszku odnotowano znaczące ubytki błonnika całkowitego i nierozpuszczalnego przy nieznacznym wzroście błonnika rozpuszczalnego.
4. Ekstruzja mieszanin kaszki kukurydzianej z razówką owsianą i rozdrobnionymi nasionami lędźwianu wpłynęła tylko nieznacznie na zanieczyszczenia metaliczne; w otrzymanych ekstrudatach stwierdzono tylko kilkuprocentowy wzrost zawartości Fe, Mn i Ni w porównaniu z wartościami oczekiwanymi.

Literatura

- [1] Aldoori W. H., GioVannucci E. L., Rockett H. R. H., Sampson L., Rimm E. B., Willett W. C.: A prospective study of dietary fibre types and symptomatic diverticular disease in men. *J. Nutr.*, 1997, **127**, 714-719.
- [2] Artz W. E., Rao S. K., Sauer R. M.: Lipid oxidation in extruded products during storage as affected by extrusion temperature and selected antioxidants. In: *Food Extrusion Science and Technology*. Mercer Dekker. Inc., New York 1992, pp. 449-461.
- [3] Camire M. E., Zhao J., Violette D. A.: *In vitro* binding of bile acids of extruded potato peels. *J. Agric. Food Chem.*, 1993, **41**, 2391-2394.
- [4] Camire M., Violette D., Dougherty M.P., McLaughlin M.A.: Potato peel dietary fibre composition: Effects of peeling and extrusion cooking processes. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, **45**, 1404-1408.
- [5] Jones J. M.: Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion. In: *Dietary Fibre bio-active carbohydrates for food and feed*. Wageningen Academic Publishers, 2004, pp. 143-164.
- [6] Kritchevsky D.: Dietary fibre in health and disease. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science. U. K., 2001, pp. 149-161.
- [7] Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez Bustos F.: Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chem.*, 2005, **89**, 301-308.
- [8] 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.: Modification to physicochemical and nutritional properties of hard-to-cook beans (*Pahsedus vulgaris L.*) by extrusion cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47** (3), 1174-1182.
- [9] Rzedzicki Z., Sobota A., Zarzycki P. The influence of pea hulls on twin screw extrusion-cooking process of cereal mixtures and the physical properties of the extrudate. *Int. Agrophysics*, 2004, **18**, 73-81.
- [10] Rzedzicki Z., Kozłowska H., Troszyńska A.: Application of pea hulls for extrudate production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2004, **13/54**, 363-368.
- [11] Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A.: Badania właściwości reologicznych ekstrudatów z udziałem komponentów owsianych. *Annales UMCS Sec. E*, 2004, **59**, 315-322.
- [12] Rzedzicki Z.: Badania składu chemicznego wybranych błyskawicznych zbóż śniadaniowych. *Brom. Chemia Toksykol.*, 2005, **XXXVII** S, 141-146.
- [13] Rzedzicki Z., Zarzycki P.: Badania procesu ekstruzji mieszanin z udziałem lędźwianu i razówki owsianej. *Acta Agrophysica*, 2005, w druku.
- [14] Rowland I.: Non-digestible carbohydrates and gut function: implications for carcinogenesis. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science. U. K., 2001, pp. 226-231.
- [15] Sobota A., Rzedzicki Z.: Badania nad technologią ekstruzji duwślimakowej ekstrudatów z udziałem otrąb pszennych. *Annales UMCS Sec. E*, 2004, **59**, 303-313.

- [16] Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J.: The effect of extrusion on the content of minerals in selected extruded products. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Technologia Alimentorum*, 1996, **29**, 15-23.
- [17] Van Soest P.: Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. II: A rapid method for the determination of fibre and lignin. *J. A.O.A.C.*, 1963, **46**, 829-835.
- [18] Van Soest P. J., Wine R. H.: Use of detergents in the analysis of fibrous Leeds. IV: Determination of plant cell-wall constituents. *J. A.O.A.C.* 1967, **50**, 50-51.
- [19] Vasanthan T., Bhatti R. S.: Enhancement of resistant starch (RS3) in amylomaize, barley, field pea and lentil starches. *Starch/Staerke*, 1998, **50**, 286-291.

EFFECT OF THE EXTRUSION OF MAIZE-OAT MEAL MIXTURES ON CHANGES IN THE FRACTIONAL COMPOSITION OF DIETARY FIBRE

S u m m a r y

It was investigated the effect of oat whole grain meal's and everlasting pea's shares on the course of the extrusion cooking process and on the chemical change in non-starch polysaccharides (NSP) contained in extrudates. It was stated that the mixture of corn semolina and oat whole grain meal could be a valuable raw material for producing extrudates. Owing to the process parameters assumed (temperature distribution profile of the cylinder: 145/165/120°C; moisture content in the raw material: 13,5%; and a die of 3,5 mm) it was possible to stabilize the extrusion cooking conditions at the 18% of the maximum content of the oat whole grain meal in the mixture being extruded. Owing to the effect of extrusion cooking process on the mixtures, there was a decrease in the content of dietary fibre (TDF) and of its insoluble fraction (IDF) in the extrudates, as well as an increase in the content of soluble fraction of fibre (SDF). The level of the changes stated depended on the composition of a given mixture undergoing extrusion cooking. No significant increase in the content of iron, manganese, and nickel in the extruded products was stated compared with their content in the raw material mixtures.

Key words: extrusion, oat, corn, everlasting pea, dietary fibre ☒