

**BADANIA PROCESU EKSTRUZJI MIESZANIN Z UDZIAŁEM
ŁĘDŹWIANU I RAZÓWKI OWSIANEJ**

Zbigniew Rzedzicki, Piotr Zarzycki

Zakład Projektowania Procesów Produkcyjnych, Akademia Rolnicza
ul. Skromna 8a, 20-704 Lublin
e-mail: zbigniew.rzedzicki@ar.lublin.pl

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku razówki owsianej i lędźwianu na możliwość ustabilizowania warunków wytłaczania oraz wybrane właściwości fizyczne otrzymanych ekstrudatów. Wykazano, że w przypadku ekstruzji jednoślimakowej przy zastosowanych parametrach procesu tj.: profilu rozkładu temperatur cylindra 145/165/120°C, wilgotności surowca 13,5% oraz średnicy matrycy 3,5 mm udział razówki owsianej w ekstrudowanych mieszankach może dochodzić nawet do 18%. Zwiększenie w ekstrudowanych mieszankach udziału razówki owsianej powoduje nieznaczne obniżenie stopnia ekspandowania promieniowego oraz zwiększenie gęstości właściwej ekstrudatu. W wyniku przeprowadzonych analiz nie zaobserwowano natomiast znaczącego wpływu udziału tego komponentu na teksturę otrzymanych produktów. Ekstrudaty z udziałem razówki owsianej charakteryzują się bardzo wysoką wodochłonnością (WAI), dochodzącą nawet do 1100% i rozpuszczalnością ekstrudowanej masy (WSI) do 50%.

Słowa kluczowe: ekstruzja, owies, lędźwian

WSTĘP

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat ekstruzja stała się jedną z bardziej dynamicznie rozwijających się technologii przemysłu spożywczego. Jest procesem powszechnie stosowanym w produkcji zbóż śniadaniowych, snaków itp. [3]. Wartość odżywcza wielu produktów jest bardzo niska ponieważ są one wytwarzane na bazie kaszki kukurydzianej, pozyskiwanej z obłuszczonego i pozbawionego zarodka ziarna kukurydzy. Od dłuższego czasu podejmowane są badania nad wprowadzeniem do tego typu wyrobów różnych dodatków mających za zadanie podniesienie ich wartości odżywczej. Jednym z takich komponentów jest błonnik pokarmowy. Jak wykazały prowadzone od wielu lat badania jest on podstawowym i niezastąpionym składnikiem żywności o bardzo korzystnym

oddziaływaniu na organizm człowieka [1,12,17]. Jednym z najbardziej wartościowych źródeł błonnika pokarmowego o szczególnych walorach fizjologicznych jest ziarno owsa. Badania kliniczne potwierdzają wpływ przetworów owsianych na obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego we krwi oraz korzystne zmiany w relacji HDL do LDL [2,6,11,16]. Na szczególną uwagę zasługują produkty fermentacji bakteryjnej błonnika owsianego, a zwłaszcza wysoki udział kwasu masłowego, któremu przypisuje się znaczącą rolę w profilaktyce nowotworów jelita grubego [4,10].

Ziarno owsa nie ma jak dotąd dużego zastosowania w technologii ekstruzji. Wynika to z zasadniczych wad owsa jako surowca do technologii ekstruzyjnego gotowania; owies posiada bowiem wysoką zawartość tłuszczu i niską zawartość skrobi. W większości dotychczasowych prac jako komponentu owsianego używano otrąb owsianych i mąki owsianej [13,23,22,26,15].

Przeprowadzone przez Fornal i in. [5] badania wskazują na możliwość zastosowania ziarna owsa i jego przetworów (mąka owsiana, płatki owsiane) przy produkcji wyrobów ekstrudowanych tylko w ograniczonym zakresie (ekstruder jednoślimakowy). Zwiększenie udziału owsa powyżej 10% powodowało obniżenie ekspansji poniżej poziomu akceptowalności. Wyższe udziały komponentów owsianych w ekstrudowanych mieszankach z kaszką kukurydzianą wg autorki są możliwe do zastosowania tylko przy użyciu płatków owsianych poddanych wcześniej prażeniu. Możliwość zastosowania otrąb owsianych jako dodatku do kaszki kukurydzianej była także przedmiotem badań Rzedzickiego [20] oraz Rzedzickiego i in. [21]. Badania przeprowadzone zostały przy zastosowaniu ekstrudera jednoślimakowego S-45 Metalchem Gliwice, L:D = 12:1, stopień sprężania ślimaka 3:1, obroty 100 obr·min⁻¹, średnica matrycy 3 mm, temp. ekstruzji 145-180°C, wilgotność surowca 12-16%. Przy dużym doświadczeniu operatora ekstrudera wykazano możliwość zwiększenia udziału otrąb owsianych do 18%. Przy wyższych udziałach obserwowano poślizg materiału, zachwianie warunków wytłaczania i uniemożliwienie ekstruzji.

Otręby owsiane są jednak kosztownym komponentem mieszanek. Celem niniejszej pracy było przebadanie możliwości zastosowania w technologii ekstruzji jednoślimakowej łuszczonej i rozdrobnionych nasion owsa (razówki) w mieszankach z kaszką kukurydzianą. Zastosowano również rozdrabniane nasiona lędźwianu jako komponent błonnikowo-białkowy. Przebadano wpływ zmiennego udziału poszczególnych komponentów na możliwości ustabilizowania warunków wytłaczania oraz wybrane właściwości fizyczne otrzymanych produktów. Sprawdzone również możliwość zastosowania pełnego mleka w proszku jako modyfikatora tekstury otrzymanych produktów, modyfikatora właściwości sensorycznych produktu oraz indykatora przegrzania produktu.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano komercyjnie dostępną kaszkę kukurydzianą, nasiona lędźwianu siewnego odmiany Derek oraz ziarno owsa obłuszczonego o składzie chemicznym podanym w tabeli 1. Surowce rozdrabniano do odpowiedniej granulacji przy użyciu rozdrabniacza udarowego typ H-111/3 aż do uzyskania składu granulometrycznego surowców przedstawionego w tabeli 2.

Tabela 1. Skład chemiczny surowców (% s.m.)**Table 1.** Chemical composition of the raw materials (% d.b.)

Komponent Component	Bezazot. wyciąg. N-free extract	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Włókno surowe Crude fibre	Popiół Ash	TDF	SDF	IDF
Kaszka kukurydz. Corn semolina	88,51	8,41	1,18	0,45	1,45	6,26	0,94	5,32
Lędźwian Everlasting pea	61,71	28,00	1,14	5,75	3,40	33,37	5,35	29,02
Razówka owsiana Oat meal	73,01	14,93	7,64	2,3	2,12	18,05	4,73	13,32

TDF – błonnik pokarmowy całkowity – Total dietary fibre,

SDF – błonnik pokarmowy rozpuszczalny – Soluble dietary fibre,

IDF – błonnik pokarmowy nierozpuszczalny – Insoluble dietary fibre.

Tabela 2. Skład granulometryczny surowców**Table 2.** Sieve analysis of the components

Fracja Fraction (mm)	Kaszka kukurydziana Corn semolina	Lędźwian Everlasting pea	Razówka owsiana Oat meal
	(%)		
>1,6	0	0	2,40
1,6-1,2	0,12	1,90	12,86
1,2-1,0	6,40	10,26	12,94
1,0-0,8	27,76	20,88	16,38
0,8-0,5	43,54	26,94	22,96
0,5-0,265	17,02	18,78	12,88
<0,265	4,76	21,24	19,26
Σ frakcji <0,5 Σ fractions <0,5	21,78	40,02	32,14
Średnica zastępcza Apparent diameter (mm)	0,68	0,63	0,74

Po rozdrobnieniu surowce dozowano w ściśle określonych proporcjach wynikających z zastosowanego modelu doświadczenia (tab. 3), nawilżano do wilgotności 13,5%, dokładnie mieszano w mieszarce bębnowej i kondycjonowano przez okres 12 h w celu zapewnienia właściwej dyfuzji wody. W badaniach użyto ekstrudera jednoślímakowego S-45 produkcji Metalchem Gliwice (L:D = 12:1; stopień sprężania ślímaka 3:1). Na podstawie badań pilotażowych, zapewniających akceptowalny produkt, ustalono następujące parametry procesu: średnica matrycy 3,5 mm; obroty ślímaka 110 obr·min⁻¹; rozkład temperatur cylindra 145/165/120°C.

Tabela 3. Model doświadczenia

Table 3. Model of the experiment

Nr. Póby Sample No.	Komponenty – Component (%)			
	Kaszka kukurydziana Corn semolina	Razówka owsiana Oat meal	Lędźwian Everlasting pea	Pełne mleko w proszku Milk powder
1	97	3		
2	94	6		
3	91	9		
4	88	12	0	0
5	85	15		
6	82	18		
7	97	3		
8	94	6		
9	91	9	0	1
10	88	12		
11	85	15		
12	82	18		
13	87	3	10	
14	84	6	10	
15	81	9	10	
16	83	12	5	0
17	80	15	5	
18	77	18	5	
19	92	3		
20	89	6		
21	86	9		
22	83	12	5	0,5
23	80	15		
24	77	18		

Stopień ekspandowania określano jako stosunek pola przekroju poprzecznego ekstrudatu do przekroju otworu matrycy [19]. Za miarę tekstury przyjęto wielkość energii potrzebnej do wielopłaszczyznowego przecięcia próby w przeliczeniu na 1 g próby. Pomiary wykonano na urządzeniu do wielopłaszczyznowego ścinania [18].

Gęstość właściwą ekstrudatów określano jako stosunek masy ekstrudatu do jego objętości [19]. Badano również wodochłonność ekstrudowanego produktu [8], wodochłonność ekstrudowanej masy (WAI) oraz współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI) [AACC, Method 88-04] we własnej modyfikacji [24] stosując parametry rozdziału: przeciążenie 5000 g i czas rozdziału 15 min. W zastosowanych surowcach oznaczano zawartość białka [AACC, Method 46-08, N x 6,25], tłuszczu [AACC, Method 30-10], włókna surowego [AACC, Method 32-10] i popiołu [AACC, Method 08-01]. Oznaczano również błonnik pokarmowy całkowity (TDF), nierozpuszczalny (IDF) i rozpuszczalny (SDF). Oznaczenia błonnika pokarmowego wykonano według metod AOAC, 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.

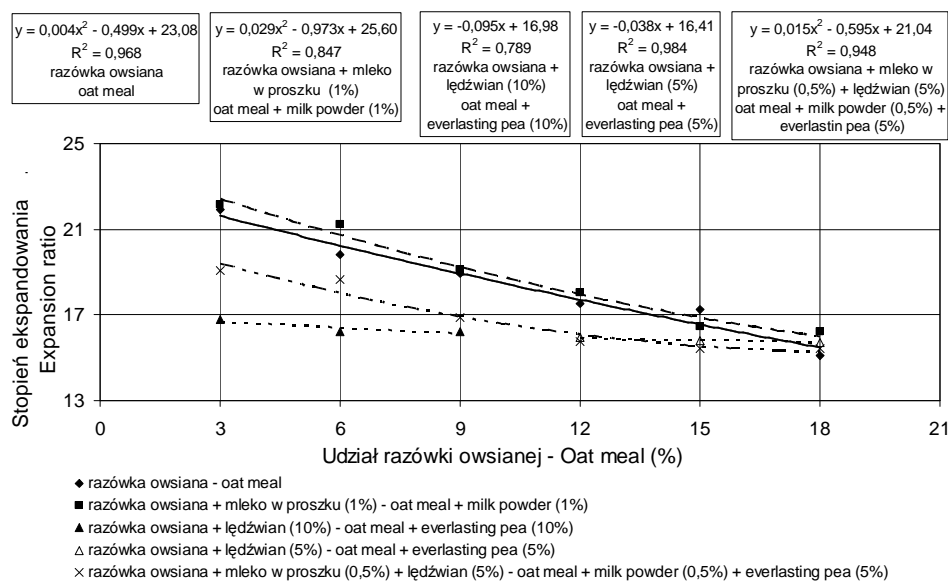
Pomiary stopnia ekspandowania i tekstury wykonywano w 52 powtórzeniach, dwa skrajne wyniki odrzucano. Wodochłonność metodą odciekową i wirówkową wykonywano w sześciu powtórzeniach. Skład chemiczny oznaczano w trzech powtórzeniach. Obliczano wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Jeżeli wartości współczynnika zmienności przekraczały wyznaczone granice dla danej metody, badania powtarzano. Dla zmiennych ciągłych przeprowadzono analizę regresji. Wyznaczono równania regresji i współczynniki determinacji R^2 .

WYNIKI

Zastosowany w badaniach ekstruder jednoślismakowy S-45 produkcji Metalchem Gliwice przy założonych parametrach procesu (profil temp. 145/165/120°C, wilgotność surowca 13,5%, średnica matrycy 3,5 mm) umożliwił przetwarzanie mieszanek zawierających w swoim składzie maksymalnie 18% dodatek razówki owsianej. Wyższe udziały powodowały zanik przepływu wstecznego materiału w cylindrze ekstrudera oraz występowanie „poślizgu” materiału. Uniemożliwiało to ustabilizowanie warunków wytłaczania i kontynuowanie procesu. Dla tego typu ekstruderów, przy zastosowaniu powyższych warunków procesu, jest to graniczny udział komponentu owsianego, jakim jest razówka owsiana.

Przeprowadzone badania dowiodły, że zmiana udziału poszczególnych komponentów (kaszka kukurydziana, razówka owsiana, razówka lędźwianu, pełne mleko w proszku) wpływa w znacznym stopniu na badane właściwości fizyczne ekstrudatów. Przy udziale razówki owsianej do 18% można uzyskać bardzo dobrze wyekspandowany produkt. Wartości stopnia ekspandowania promienio-

wego otrzymanych ekstrudatów zawierały się w granicach od 22,17 do 15,12 (rys. 1). Ekstrudaty te charakteryzowały się także bardzo niską gęstością właściwą; odnotowano wartości gęstości właściwej w przedziale od 51,4 do 72,8 kg·m⁻³ (rys. 2).

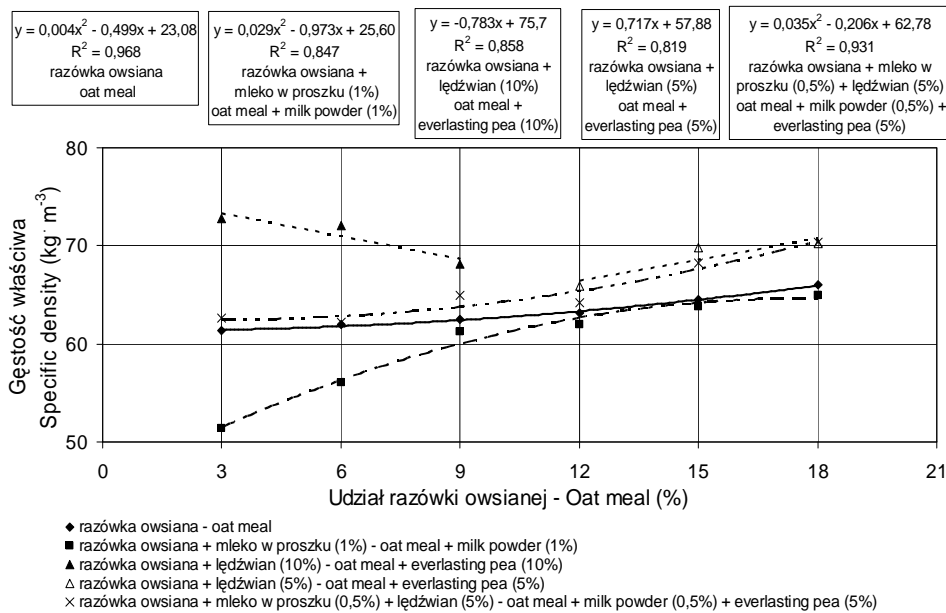


Rys. 1. Wpływ udziału poszczególnych komponentów na stopień ekspandowania promieniowego ekstrudatów

Fig. 1. Influence of the addition of different components on the radial expansion of the extrudates

Zwiększanie procentowego udziału razówki owsianej w ekstrudowanych mieszankach powodowało obniżanie stopnia ekspandowania promieniowego i jednoczesny wzrost gęstości właściwej. Dla ekstrudatów dwuskładnikowych (kaszka kukurydziana i razówka owsiana) zwiększenie udziału razówki owsianej z 3 do 18% wpłynęło na obniżenie stopnia ekspandowania z 21,9 do 15,12. Jednocześnie zaobserwowano tylko nieznaczny wzrost gęstości właściwej z 61,3 do 66 kg·m⁻³. Zastosowanie 1% dodatku pełnotłustego mleka w proszku pozwalało na nieznaczną poprawę tych właściwości. W przypadku mieszanek z 3% udziałem razówki owsianej dodatek pełnotłustego mleka w proszku pozwalał na zwiększenie stopnia ekspandowania promieniowego ekstrudatów o 1,2% i obniżenie gęstości właściwej o 16,15%. Przeciwne zależności notowano w przypadku wprowadzenia do ekstrudowanych mieszanek dodatku lędźwianu. Zmniejszenie stopnia ekspandowania promieniowego nie wpłynęło jednak na równoważny wzrost gęstości właściwej, co można przypisać zwiększonemu ekspandowaniu wzdłużnemu. Przy 3% udziale razówki owsianej, zastosowanie 10% dodatku lędźwianu przyczyniło

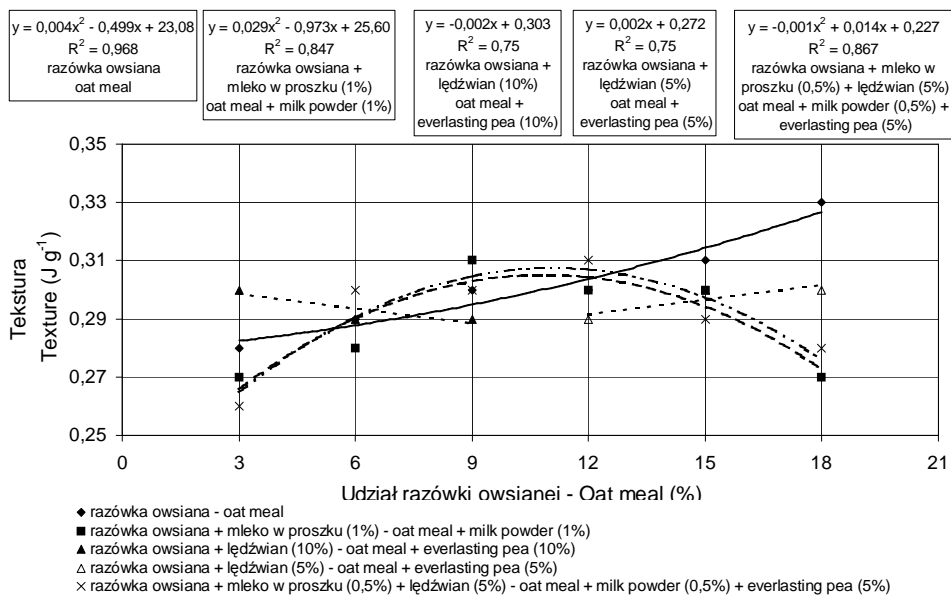
się do obniżenia stopnia ekspandowania o 23% natomiast wzrost gęstości właściwej był na poziomie 15,8%.



Rys. 2. Wpływ udziału poszczególnych komponentów na gęstość właściwą ekstrudatów
Fig. 2. Influence of the addition of different components on the specific density of the extrudates

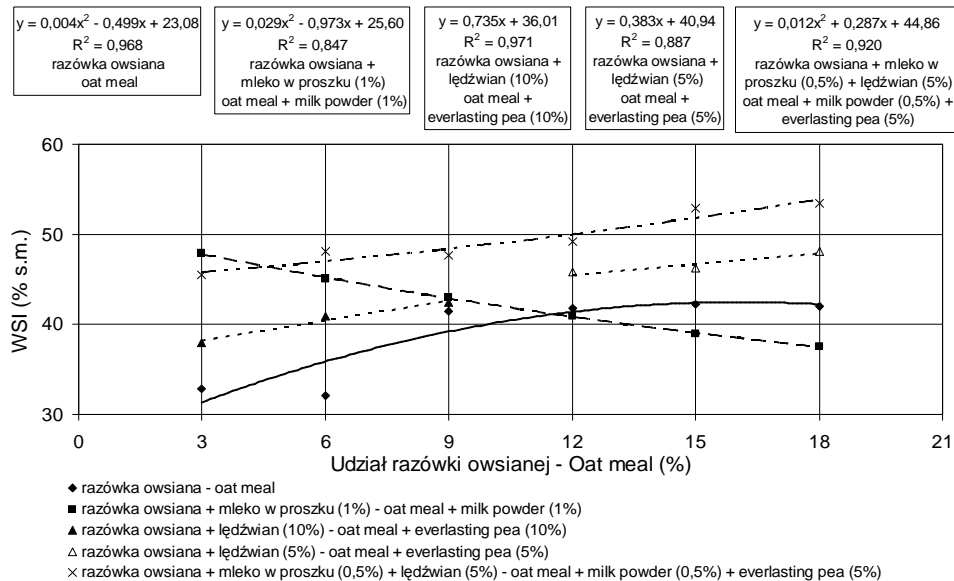
Notowane wartości energii niszczącej, jako miary tekstury, potrzebnej do wielopłaszczyznowego przecięcia 1 g próby zawierały się w przedziale od 0,26 do 0,33 J·g⁻¹ (rys. 3). Są to bardzo dobre rezultaty jak dla tego typu wyrobów, przeznaczonych do bez-pośredniego spożycia w postaci chrupek. Zwiększenie udziału razówki owsianej z 3 do 18% w ekstrudatach kukurydziano-owsianych przyczyniło się do wzrostu energii niszczącej z 0,28 do 0,33 J·g⁻¹. Niejednoznaczny natomiast pozostaje wpływ na badaną cechę dodatkowych komponentów tj. pełnego mleka w proszku i lędźwianu. Zarówno dla ekstrudatów z 1% dodatkiem pełnego mleka w proszku oraz łącznym dodatkiem mleka w proszku (0,5%) i lędźwianu (5%), widoczny jest charakterystyczny przebieg krzywej z maksymalnymi wartościami przy 9-12% udziale razówki owsianej. Zarówno dla wyższych jak i niższych udziałów razówki owsianej obserwowano niższe wartości energii niszczącej.

Odwrotne tendencje wystąpiły natomiast w przypadku wprowadzenia do mieszanek samodzielnego dodatku lędźwianu.



Rys. 3. Wpływ udziału poszczególnych komponentów na teksturę otrzymanych ekstrudatów

Fig. 3. Influence of the addition of different components on the texture of the extrudates



Rys. 4. Wpływ udziału poszczególnych komponentów na współczynnik rozpuszczalności suchej masy (WSI) otrzymanych ekstrudatów

Fig. 4. Influence of the addition of different components on the water solubility index (WSI) of the extrudates

Stwierdzono także znaczny wzrost wartości rozpuszczalności suchej masy (WSI) w ekstrudatach w porównaniu do wartości notowanych dla surowców (tab. 4, rys. 4). Notowane dla ekstrudatów wartości zawierały się w granicach od 32,89 nawet do 53,50% s.m. Obserwowano dodatnią korelację pomiędzy zwiększeniem udziału razówki owsianej a uzyskiwanymi wartościami WSI. Wyjątkiem były ekstrudaty kukurydziano-owsiane, w których zastosowano 1% dodatek mleka w proszku. Najwyższe wartości WSI notowano dla ekstrudatów kukurydziano-owsianych z łącznym dodatkiem lędźwianu i mleka w proszku, odpowiednio 5 i 0,5%. W ekstrudatach tych przy 3 i 18% udziałach razówki owsianej wartości WSI wynosiły odpowiednio 45,44 oraz 53,50% s.m.

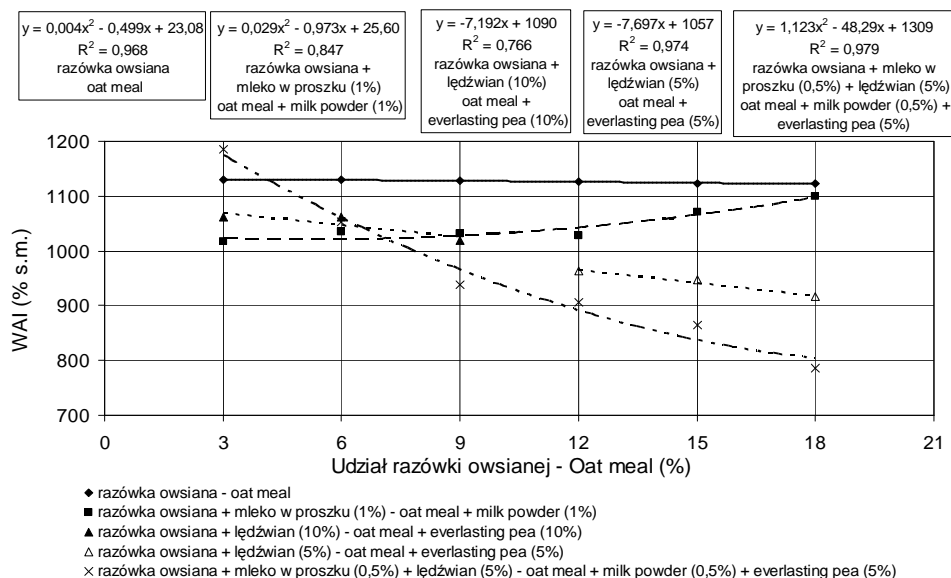
Tabela 4. Wartości WSI i WAI surowców zastosowanych w badaniach nie ma w tekście
Table 4. WSI and WAI of the raw materials used in the experiments

Komponent Component	Kaszka kukurydziana Corn semolina	Lędźwian Everlasting pea	Razówka owsiana Oat meal
WSI	5,8	22,65	5,86
WAI	248	213	186

WSI – współczynnik rozpuszczalności suchej masy (% s.m.) – Water solubility index (% db),
 WAI – współczynnik wodochłonności (% s.m.) – Water absorption index (% db).

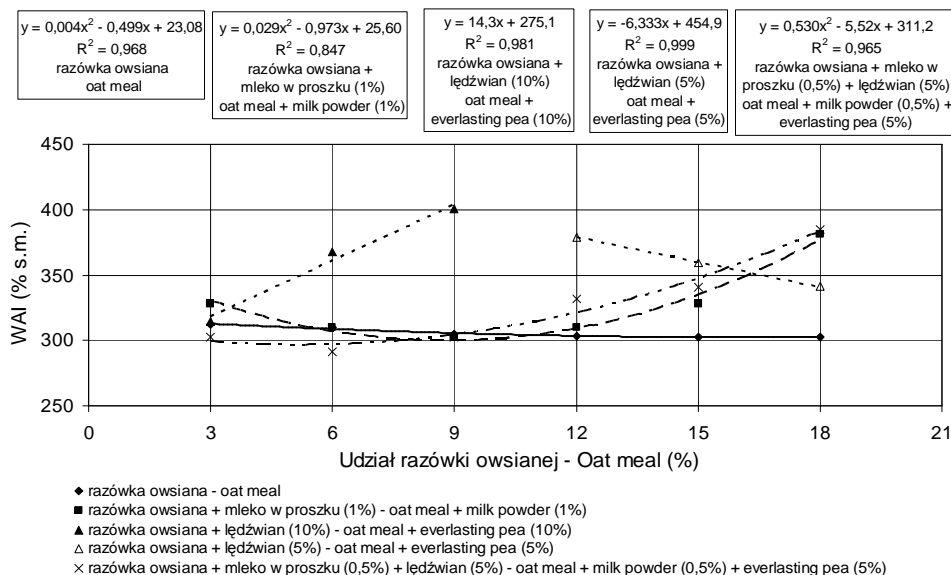
Proces ekstruzji wpłynął również na znaczny wzrost wodochłonności ekstrudatów (metoda wirówkowa) w porównaniu do surowców (tab. 4, rys. 5). Odnotowano ujemną korelację pomiędzy zwiększeniem udziału razówki owsianej a wartościami WAI. Wyjątek stanowiły próby z 1% dodatkiem mleka w proszku. Najwyższe wartości WAI uzyskano dla ekstrudatów kukurydziano-owsianych, do których nie dodano pozostałych komponentów tj. mleka w proszku i lędźwianu. Dla prób tych obserwowano również niższe spadki WAI. Dla ekstrudatów kukurydziano-owsianych różnica pomiędzy wartościami WAI otrzymanymi przy 3 i 18% udziale razówki owsianej wynosi tylko 0,7%, podczas gdy w przypadku zastosowania dodatku lędźwianu oraz łącznego dodatku lędźwianu i mleka w proszku różnice te wynoszą odpowiednio 14 i 34%.

Otrzymane ekstrudaty poddano również badaniom wodochłonności metodą odciekową wg Jao i in. [8]. Otrzymane wartości WAI wg tej metody były niższe od wartości uzyskanych wg metody wirówkowej (rys. 5, 6) i mieściły się w granicach od 291 do 400,4% s.m. Wzrost udziału razówki owsianej z 3 do 18% w ekstrudatach kukurydziano-owsianych powodował obniżenie wodochłonności z 312,2 do 302,5% s.m. Zastosowanie dodatków lędźwianu oraz mleka w proszku do ekstrudatów kukurydziano-owsianych spowodowało zarówno wzrost wodochłonności widoczny zwłaszcza przy wyższych udziałach razówki owsianej jak i odwrócenie tendencji uzyskanych dla metody wirówkowej, a więc wzrost WAI wraz ze wzrostem udziału razówki owsianej. Najwyższe wartości wodochłonności uzyskano dla ekstrudatów z dodatkiem lędźwianu (10 i 5%).



Rys. 5. Wpływ udziału poszczególnych komponentów na wodochłonność ekstrudowanej masy (WAI) – metoda wirówkowa

Fig. 5. Influence of the addition of different components on the water absorption index of the extrudates (WAI) – centrifuge method



Rys. 6. Wpływ udziału poszczególnych komponentów na wodochłonność ekstrudowanego produktu – metoda odciekowa

Fig. 6. Influence of the addition of different components on the water absorption index of the extrudates – drip method

DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono obniżenie stopnia ekspandowania promieniowego i wzrost gęstości właściwej ekstrudatów wraz ze zwiększeniem w ekstrudowanych mieszankach udziału razówki owsianej. Zaznaczyć trzeba, że pomimo obserwowanych różnic pomiędzy poszczególnymi wartościami, uzyskane wyniki są akceptowalne dla tego typu wyrobów. Wg licznych autorów zarówno ekspandowanie jak i gęstość otrzymanych ekstrudatów w dużym stopniu uzależniona jest od stopnia skleikowania skrobi w czasie ekstruzji. Wyższy stopień skleikowania powoduje zwiększone ekspandowanie i zmniejszenie gęstości otrzymanych wyrobów [7,9,15]. Wzrost zawartości tłuszczu oraz włókna w mieszance spowodowany wzrostem udziału komponentów owsianych (mąka owsiana) może przyczyniać się do zmniejszenia stopnia skleikowania skrobi [9,13]. Podobny wpływ komponentów owsianych (mąka owsiana, śruta owsiana, otręby owsiane) na badane cechy uwidacznia się także w badaniach innych autorów [13,15,20].

Zwiększenie udziału razówki owsianej w ekstrudowanych mieszankach przyczyniło się także do znacznego zwiększenia rozpuszczalności suchej masy (WSI) i obniżenia wodochłonności WAI mierzonej metodą wirówkową. Wg różnych autorów WSI ekstrudatów jest uzależniony w głównej mierze od zawartości skrobi i stopnia jej depolimeryzacji. Duże znaczenia przypisuje się zwłaszcza amylopektynie, która w największym stopniu ulega degradacji [14,27]. Wielu autorów dopatruje się wzajemnych zależności pomiędzy zachodzącymi zmianami WSI oraz wodochłonnością. Najczęściej spadek WSI jest skorelowany ze wzrostem WAI. Potwierdzają to wyniki przeprowadzonych badań. Wg Smitha [27] zdolność absorbowania wody przez polimery skrobiowe jest uzależniona od stopnia ich dekstrinizacji. Tak więc wprowadzenie komponentów owsianych i lędwianowych nie wpłynęło ochronnie na składniki ekstrudowanej mieszanki. Notowane bardzo wysokie wartości WSI wskazują na konieczność dalszych poszukiwań takich parametrów procesu, gdzie możliwe będzie pozyskanie mniej zdegradowanego, akceptowalnego produktu.

W czasie badań uwidoczniły się znaczne różnice pomiędzy wartościami wodochłonności uzyskanymi przy zastosowaniu metody wirówkowej oraz odciekowej. Wartości uzyskane w metodzie wirówkowej są znacznie wyższe od uzyskanych przy zastosowaniu metody odciekowej. Badania innych autorów również potwierdzają takie zależności [25,28]. Różnica ta może być spowodowana zbyt krótkim czasem uwadniania stosowanym w metodzie odciekowej, wynoszącym 15 min [8]. Przeprowadzone przez Rzedzickiego i in. [21] badania nad uwadnianiem ekstrudatów lędwianowych wykazały, że wydłużenie czasu uwadniania z 15 do 180 min może spowodować wzrost wodochłonności nawet o 100%. Autor dowodzi ponadto, że wodochłonność mierzona metodą odciekową w znacznym stopniu zależy od stopnia wyekspandowania, gęstości i tekstury ekstrudatów.

Przeprowadzone badania wykazały, że razówka owsiana może być bardzo cennym komponentem do produkcji ekstrudatów. Podstawowe właściwości fizyczne produktu są bardzo porównywalne do właściwości ekstrudatów z udziałem otręb owsianych [20,22]. Jednocześnie razówka owsiana jest surowcem bardzo tanim i łatwo dostępnym, czego nie można powiedzieć o otrębach owsianych. Wysoka zawartość tłuszczu w pęczaku owsianym sprawia wiele trudności w procesie produkcji otręb, w szczególności w pracy odsiewaczy.

WNIOSKI

1. Razówka owsiana może być bardzo dobrym komponentem do produkcji wyrobów ekstrudowanych. Jej udział w mieszankach z kaszką kukurydzianą przy zastosowaniu ekstrudera jednoślিমakowego może dochodzić do 18%.
2. Włączenie razówki owsianej do mieszanek poddawanych ekstruzji nie powoduje zasadniczego pogorszenia stopnia ekspandowania promieniowego, gęstości właściwej oraz tekstury otrzymanych produktów.
3. Dobrym komponentem do produkcji wyrobów ekstrudowanych są nasiona lędźwianu siewnego.
4. Niewielki dodatek mleka w proszku może korzystnie wpłynąć na poprawę właściwości otrzymanych wyrobów.
5. Ekstrudaty z udziałem razówki owsianej są porównywalne do produktów z udziałem otręb owsianych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Aldori W.H., GioVannuci E.L., Rockett H.R.H., Sampson L., Rimm E.B., Willett W.C.:** A prospective study of dietary fiber types and symptomatic diverticular disease in men. *Journal of Nutrition*, 127, 714-719, 1997.
2. **Braaten J.T., Wood P.J., Scot F.W.:** Oat β -glucan reduces serum cholesterol concentration in hypercholesterolemic subject. *European Journal of Clinical Nutrition*, 48, 465-474, 1994.
3. **Camire M.E.:** Extrusion cooking. In: *The nutritional handbook for food processor*. CRC Press LLC, Woodhead Publishing Ltd, 2002.
4. **Edwards Ch.A.:** The physiological effects of dietary fibre. In: *Dietary Fiber in Health and Disease*. St. Paul. Minnesota, USA, 58-71, 1995.
5. **Fornal Ł., Majewska K.:** Mieszanki wieloskładnikowe w technologii ekstruzji. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 6, 25-26, 1995.
6. **Gerhardt A.L., Gallo N.G.:** Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *Journal of Nutrition*, 128, 865-869, 1998.
7. **Ilo S., Tomschik U., Berghofer E., Mundigler N.:** The effect of extrusion operating conditions on the apparent viscosity and the properties of extrudates in twin-screw extrusion cooking of maize grits. *Lebensm-Wissenschaft und Technology*, 29, 593-598, 1996.
8. **Jao C.Y., Chen A.H., Goldstein W.E.:** Evaluation of corn protein concentrate: extrusion study. *Journal of Food Science*, 50, 1275-1280, 1985.

9. **Jin Z., Hesieh F., Huff H.E.:** Extrusion of corn meal with soy fiber, salt and sugar. *Cereal Chemistry*, 71, 227-223, 1994.
10. **Johnson I. T.:** New approaches to the role of diet in the prevention of cancers of the alimentary tract. *Mutation Research*, 551, 9-28, 2004.
11. **Kahlon T.S.:** Cholesterol-lowering properties of cereal fibre and fractions. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science, U. K., 206-220, 2001.
12. **Kritchevsky D.:** Dietary fiber in health and disease. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science, U. K., 149-161, 2001.
13. **Liu Y., Hsieh F., Heymann H., Huff H.E.:** Effect of process conditions on the physical and sensory properties of extruded oat-corn puff. *Journal of Food Science*, 65(7), 1253-1259, 2000.
14. **Matthey F.P., Milford A.H.:** Physical and functional properties of twin-screw extruded whey protein concentrate-corn starch blends. *Lebensm.-Wissenschaft und Technology*, 30, 359-366, 1997.
15. **Mendonça S., Grossmann M. V. E., Verhè R.:** Corn bran as a fibre source in expanded snacks. *Lebensm.-Wissenschaft und Technology*, 33, 2-8, 2000.
16. **Onning G., Wallmark A., Persson M., Akesson B., Elmastahl S., Öste R., Luddiquis I.:** 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, 1999.
17. **Rowland I.:** Non-digestible carbohydrates and gut function: implications for carcinogenesis. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science, U. K., 226-231, 2001.
18. **Rzedzicki Z.:** New method of texture measurement of crisp food and feed. *International Agrophysics*, 8, 661-670, 1994.
19. **Rzedzicki Z.:** Studia nad procesem ekstruzji roślinnych surowców białkowych. Rozprawa habilitacyjna. AR Lublin, 1996.
20. **Rzedzicki Z.:** Physical properties of corn-oat bran snack. *Int. Agrophysics*, 13, 381-385, 1999.
21. **Rzedzicki Z., Sobota A.:** Badania nad procesem uwadniania ekstrudatów strączkowych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1/2, 17-22, 1999.
22. **Rzedzicki Z., Szpryngiel B., Sobota A.:** Estimation of some chosen physical properties of extrudates obtained from corn semolina and oat bran mixtures. *Int. Agrophysics*, 14, 233-239, 2000.
23. **Rzedzicki Z., Zarzycki P., Sobota A.:** Badania właściwości reologicznych ekstrudatów z udziałem komponentów owsianych. *Annales UMCS. Sec. E.*, 59, 315-322, 2004a.
24. **Rzedzicki Z., Mysza A., Kasprzak M.:** Badania nad metodą oznaczania współczynnika rozpuszczalności suchej masy. *Annales UMCS. Sec. E.*, 59, 323-328, 2004b.
25. **Rzedzicki Z., Kasprzak M.:** Wpływ wilgotności surowca na właściwości fizyczne ekstrudatów zbożowo-lęźwianowych. *Annales UMCS. Sec. E.*, 59, 293-301, 2004c.
26. **Singh N., Smith A.C.:** A comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking process. *Journal of Food Engineering*, 34, 15-32, 1997.
27. **Smith A.C.:** 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, 1992.
28. **Sobota A., Rzedzicki Z.:** Badania nad technologią ekstruzji dwuślimakowej ekstrudatów z udziałem otrąb pszennych. *Annales UMCS. Sec. E.*, 59, 303-313, 2004.

A STUDY ON THE TECHNOLOGY OF EXTRUSION COOKING
OF MIXTURES WITH A SHARE OF EVERLASTING PEA AND OAT MEAL

Zbigniew Rzedzicki, Piotr Zarzycki

Department for the Design of Production Processes, Agricultural University
ul. Skromna 8a, 20-704 Lublin
e-mail: zbigniew.rzedzicki@ar.lublin.pl

Abstract. The aim of the study was to determine the influence of the proportion of oat whole grain meal and everlasting pea for stabilizing the extrusion-cooking conditions and the physical properties of the extrudate. With the process parameters and material properties assumed for this study (temp. 145/165/120°C, moisture content 13.5%, diameter 3.5 mm) it was possible to obtain stable working conditions. Share of oat component was up to 18%. An increase of oat whole grain meal in extruded mixtures leads to a lowering of the radial expansion ratio and an increase in specific density. An inclusion of oat component changed extrudate texture only very slightly. It was observed that extrudates with a share of oat meal had very high water solubility index (WSI) and a water absorption index (WAI) of dry mass, up to 50% and 1100 % respectively.

Key words: extrusion cooking, oat, everlasting pea