

z innymi zbożami charakteryzuje się wysoką zawartością tłuszczu o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych [Pisulewska i in. 1999a, 1999b], również skład aminokwasowy białka owsa cechuje wyższa od innych zbóż zawartość aminokwasów niezbędnych [Petkow i in. 1999; Pisulewski i in. 1999]. Na szczególną jednak uwagę zasługuje wysoka zawartość błonnika pokarmowego, a w szczególności duży udział frakcji rozpuszczalnych, w tym β -glukanów. Badania ambulatoryjne i kliniczne wykazują, że β -glukany owsa posiadają zdolność stabilizowania poziomu glukozy we krwi, przyczyniają się do obniżenia poziomu cholesterolu ogólnego przy jednoczesnym obniżeniu poziomu cholesterolu LDL i VLDL oraz podniesieniu poziomu cholesterolu HDL [Anderson 1995; Andersen, Bridges 1993].

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie badań nad technologią ekstruzji mieszaniny kaszki kukurydzianej i komponentów owsianych z wykorzystaniem ekstruderów jedno- i dwuślimakowego. Przebadano wpływ udziału komponentów owsianych, wilgotności surowca oraz profilu rozkładu temperatur cylindra ekstrudera na lepkość wodnych zawiesin ekstrudatów.

METODY

W badaniach wykorzystano kaszkę kukurydzianą (komercyjnie dostępną) oraz otręby owsiane i śrutę owsianą. Surowce dozowano w ściśle określonych proporcjach, wynikających z zastosowanego modelu doświadczenia, następnie nawilżano do wymaganej wilgotności i dokładnie mieszano w mieszarce bębnowej. Nawilżone próby kondycjonowano przez okres 12 godzin w celu zapewnienia właściwej dyfuzji wody w nawilżonym materiale. Po tym czasie próbki ekstrudowano. W badaniach użyto ekstrudera jednoślimakowego S-45 i ekstrudera dwuślimakowego przeciwbieżnego 2S-9/5 produkcji Metalchem Gliwice. Zastosowano zmienny udział komponentów owsianych, który wynosił odpowiednio dla ekstrudera jednoślimakowego od 3% do 21%, dla ekstrudera dwuślimakowego od 20% do 80%. W przypadku ekstrudera jednoślimakowego zastosowano wilgotności mieszanki w zakresie od 13% do 16% oraz rozkład temperatur cylindra od 125/145/120°C do 160/180/120°C. Dla ekstrudera dwuślimakowego warunki te wynosiły: wilgotność od 15% do 36%, oraz profil rozkładu temperatur cylindra od 80/100/120/120/130°C do 150/180/220/220/130°C.

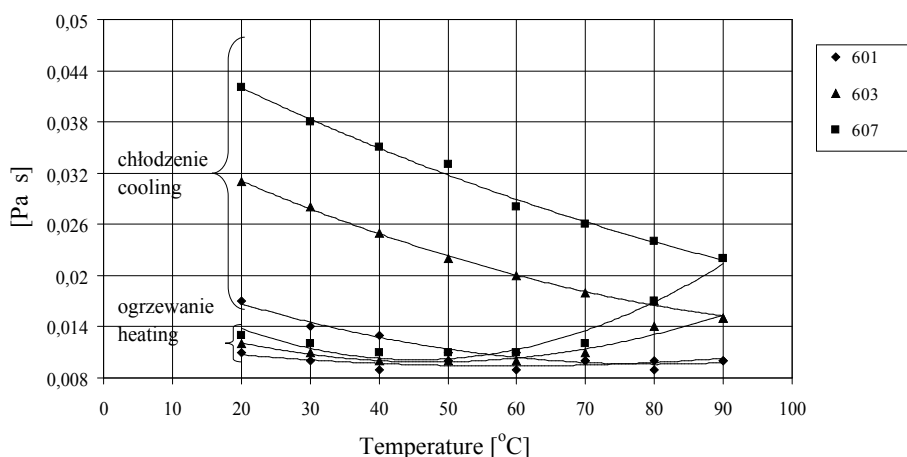
W celu przeprowadzenia pomiarów lepkości wysuszone próby ekstrudatów rozdrabniano wstępnie na rozdrabniaczu udarowym, a następnie na laboratoryjnym rozdrabniaczu żarnowym przy wielkości szczeliny roboczej, wynoszącej 0,2 mm. Do pomiarów przygotowywano 5% zawiesinę w wodzie destylowanej. Zawiesinę przenoszono do stożkowych kolb, po czym kolby umieszczano

w łaźni wodnej wstrząsanej typ 357. Zastosowano częstotliwość łaźni 200/min oraz amplitudę 3. Badania przeprowadzono przy ogrzewaniu zawiesiny od 20°C do 90°C oraz przy schładzaniu od 90°C do 20°C. Pomiaru dokonywano co 10°C. W czasie ogrzewania i chłodzenia zachowano stały gradient temperatury, wynoszący 1°C/min. Do pomiarów użyto reometru rotacyjnego Mettler Rheomat RM 180 o współosiowym układzie cylindrów. W czasie pomiarów zastosowano system pomiarowy nr 11, stały gradient prędkości ścinania 1200 s⁻¹, interwał czasu 10 sekund. W celu zapobieżenia sedymentacji zawiesiny przed każdym punktem pomiarowym zawiesinę mieszano przez stały określony czas. Wygrzewano również elementy pomiarowe lepkościomierza do założonej temperatury pomiaru. W czasie pomiarów odczytywano moment obrotowy, temperaturę, naprężenia styczne oraz współczynnik lepkości dynamicznej.

WYNIKI

Przeprowadzone dotychczas badania wykazały, że w przypadku zastosowania ekstrudera jednoślimakowego udział komponentów owsianych jest ograniczony do około 21% w zależności od zastosowanego surowca. Spowodowane jest to zanikiem przepływu wstecznego materiału w cylindrze ekstrudera i występowaniem „poślizgu” materiału w ekstruderze. Jednocześnie taki udział komponentów owsianych pozwala na otrzymanie wyrobów przeznaczonych do bezpośredniego spożycia. Pozyskiwane ekstrudaty charakteryzują się dobrymi właściwościami, takimi jak: chrupkość, kleistość, smak, barwa. Wyższy udział komponentów owsianych wymaga zastosowania ekstrudera dwuślimakowego. W takim przypadku możliwe jest przetwarzanie mieszanek nawet przy 80% udziale surowców owsianych [Rzedzicki 1999a, 1999b; Rzedzicki i in. 2000].

Ze względu na objętość pracy wyniki pomiarów współczynnika lepkości dynamicznej w formie graficznej zostaną zaprezentowane na przykładzie ekstruzji duślimakowej z wykorzystaniem otręb owsianych. Uzyskane wyniki pomiarów pozwalają stwierdzić, że na lepkość ekstrudatów duży wpływ wywiera udział komponentów owsianych. Jak można się było spodziewać, najwyższe wartości odnotowano dla ekstrudatów wytworzonych z maksymalnym udziałem surowców owsianych po zakończonej fazie chłodzenia. Dla ekstrudera dwuślimakowego wartości te mieściły się w granicach od 0,045 Pa × s do 0,015 Pa × s, odpowiednio dla 80% i 20% udziału otręb owsianych (ryc. 1, tab. 1). W przypadku ekstrudera jednoślimakowego nie odnotowano aż takich różnic w poziomach lepkości, co może być związane z ogólnie niską zawartością komponentów owsianych w badanych próbach w porównaniu z ekstruzją dwuślimakową.



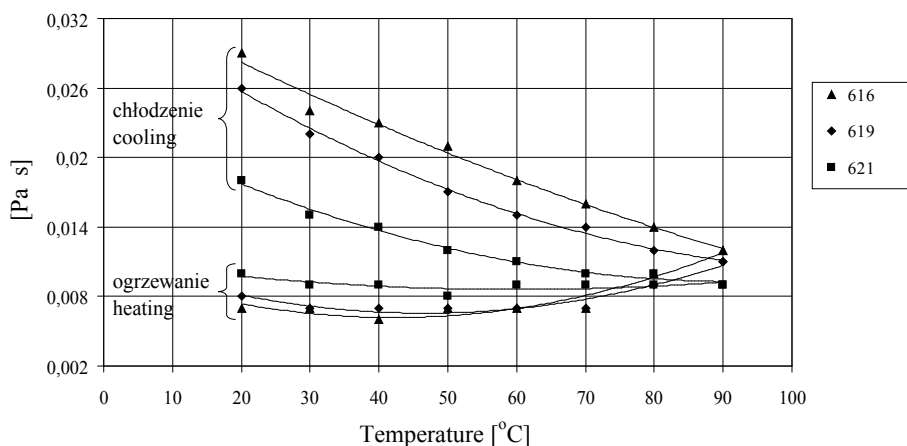
Rycina 1. Wpływ udziału otrąb owsianych w ekstrudatach na wsp. lepkości dynamicznej zawiesiny w fazie ogrzewania i chłodzenia. Odpowiednio próby 601, 603, 607 zawierały 20%, 40% i 80% otrąb owsianych. Ekstruder dwuślimakowy

Figure 1. The influence of oat components on the dynamic viscosity. Samples No. 601, 603, 604 contains respectively 20%, 40% and 80% oats bran. Twin-screw extrusion-cooker

Tabela 1. Równania krzywej regresji i współczynników determinacji dla prób 601, 603, 607
Table 1. Regression equation and determination coefficient for samples No. 601, 603, 607

Nr próby Sample No.	Ogrzewanie Heating		Chłodzenie Cooling	
	równanie krzywej regression equation	współczynnik determinacji determination coefficient	równanie krzywej regression equation	współczynnik determinacji determination coefficient
601	$y = 9E - 07x^2 - 0,0001x + 0,0124$	$R^2 = 0,5176$	$y = 2E - 06x^2 - 0,0003x + 0,0215$	$R^2 = 0,9764$
603	$y = 3E - 06x^2 - 0,0003x + 0,0167$	$R^2 = 0,9482$	$y = 2E - 06x^2 - 0,0004x + 0,0386$	$R^2 = 0,9929$
607	$y = 6E - 06x^2 - 0,0005x + 0,0218$	$R^2 = 0,9549$	$y = 1E - 06x^2 - 0,0004x + 0,0501$	$R^2 = 0,9929$

Bardzo znaczący wpływ na lepkość wywiera temperatura procesu. W miarę wzrostu temperatury obserwuje się spadek lepkości w fazie chłodzenia (ryc. 2, tab. 2). Jak można zauważyć, końcowa lepkość ekstrudatów uzyskanych w najwyższych temperaturach procesu jest dwukrotnie mniejsza niż lepkość ekstrudatów pozyskanych przy najniższych temperaturach. Świadczyć to może pośrednio o intensyfikacji procesu dekstrynizacji skrobi w miarę wzrostu temperatury procesu. Podobne tendencje odnotowali Jamroz i in. [1998], Śmietana i in. [1996] oraz Colonna i in. [1989]. Autorzy tłumaczą to zwiększoną depolimery



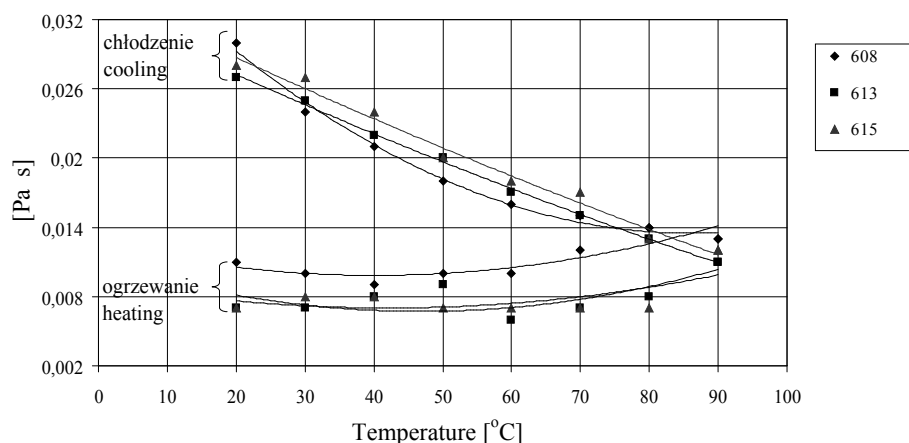
Rycina 2. Wpływ temperatury procesu ekstruzji na wsp. lepkości dynamicznej w fazie ogrzewania i chłodzenia zawiesiny. Odpowiednio próby 616, 619, 621, ekstrudowano w temperaturze 120°C, 180°C, 220°C

Figure 2. The influence of the barrel temperature on the dynamic viscosity. Samples No. 616, 619, 621 were obtain respectively at 120°C, 180°C, 220°C temperature. Twin-screw extrusion-cooker

Tabela 2. Równania krzywej regresji i współczynników determinacji dla prób 616, 619, 621
Table 2. Regression equation and determination coefficient for samples No. 616, 619, 621

Nr próby Sample No.	Ogrzewanie Heating		Chłodzenie Cooling	
	równanie krzywej regression equation	współczynnik determinacji determination coefficient	równanie krzywej regression equation	współczynnik determinacji determination coefficient
616	$y = 2E - 06x^2 - 0,0002x + 0,0105$	$R^2 = 0,9256$	$y = 8E - 07x^2 - 0,0003x + 0,0342$	$R^2 = 0,9861$
619	$y = 2E - 06x^2 - 0,0002x + 0,0114$	$R^2 = 0,9324$	$y = 2E - 06x^2 - 0,0004x + 0,0332$	$R^2 = 0,9954$
621	$y = 7E - 07x^2 - 9E - 05x + 0,0112$	$R^2 = 0,5357$	$y = 2E - 06x^2 - 0,0003x + 0,023$	$R^2 = 0,9876$

zają amylozy i amylopektyny i słabszymi oddziaływaniami molekularnymi pomiędzy powstającymi dekstrynami, co w konsekwencji prowadzi do niższej lepkości w fazie chłodzenia. Temperatura procesu rzędu 120°C wydaje się niewystarczająca do całkowitego upłynnienia ziaren skrobiowych. Widoczny w temperaturze 80–90°C wzrost lepkości świadczyć może o dalej idącym kleikowaniu skrobi, nieupłynnionej całkowicie w tych warunkach ekstruzji. Jednocześnie wysoki poziom lepkości w tej próbie po fazie chłodzenia jest prawdopodobnie spowodowany niskim stopniem depolimeryzacji skrobi.



Rycina 3. Wpływ wilgotności surowca na lepkość dynamiczną ekstrudatów kukurydzianych z 30% owym udziałem otrąb owsianych, w fazie ogrzewania i chłodzenia zawiesiny.

Odpowiednio próby 608, 613, 615 charakteryzowały się 15%, 25% i 36% wilgotnością
 Figure 3. The influence of the moisture content of the raw material on the dynamic viscosity. Samples No. 608, 613, 615 were obtain respectively at 15%, 30% and 36% moisture content.
 Twin-screw extrusion-cooker

Tabela 3. Równania krzywej regresji i współczynników determinacji dla prób 608, 613, 615
 Table 3. Regression equation and determination coefficient for samples No. 608, 613, 615

Nr próby Sample No.	Ogrzewanie Heating		Chłodzenie Cooling	
	równanie krzywej regression equation	współczynnik determinacji determination coefficient	równanie krzywej regression equation	współczynnik determinacji determination coefficient
608	$y = 2E - 06x^2 - 0,0001x + 0,0126$	$R^2 = 0,767$	$y = 4E - 06x^2 - 0,0006x + 0,0403$	$R^2 = 0,9911$
613	$y = 1E - 06x^2 - 0,0001x + 0,0092$	$R^2 = 0,4127$	$y = 5E - 07x^2 - 0,0003x + 0,0328$	$R^2 = 0,998$
615	$y = 2E - 06x^2 - 0,0002x + 0,011$	$R^2 = 0,5184$	$y = 4E - 07x^2 - 0,0003x + 0,343$	$R^2 = 0,9826$

W toku przeprowadzonych badań nie odnotowano większego wpływu wilgotności ekstrudowanej mieszanki na lepkość ekstrudatów (ryc. 3, tab. 3), zarówno w przypadku zastosowania ekstrudera jedno-, jak i dwuślimakowego.

Analiza wpływu temperatury procesu na lepkość zawiesin ekstrudatów pozwala na weryfikację poprawności doboru parametrów procesu ekstruzji. Brak znaczących różnic pomiędzy krzywą lepkości w fazie ogrzewania i chłodzenia wskazuje nie tylko na całkowite skleikowanie skrobi, ale także może wskazywać

na dekstrynizację skrobi. Tak wysoka temperatura nie jest wskazana do przetwórstwa żywności, bowiem będzie sprzyjać intensywnej degradacji produktu. Poprzez umiejętne operowanie wilgotnością surowca, średnicą matrycy, obrotami ślimaków, stopniem sprężania ślimaka można uzyskać wymagane właściwości fizyczne ekstrudatu przy minimalnej degradacji produktu.

WNIOSKI

1. Ekstrudery jednoślindakowe, pomimo swojej prostej budowy, umożliwiają zastosowanie dodatku komponentów owsianych nawet w ilości do 21% w przypadku śruty z owsa luszczzonego.

2. Zastosowanie ekstrudera dwuślindakowego daje możliwość zwiększenia udziału komponentów owsianych do 80%.

3. Zastosowane parametry procesu i cechy surowca pozwalają na szeroką modyfikację lepkości zawiesin ekstrudatów, a tym samym właściwości fizycznych i cech organoleptycznych ekstrudatu.

4. Pomiary współczynnika lepkości dynamicznej i wyznaczenie pętli lepkości w fazie ogrzewania i chłodzenia mogą w sposób pośredni dostarczyć informacji o intensywności procesu oraz przegrzaniu produktu.

PIŚMIENICTWO

- Anderson J.W. 1995. Cholesterol – lowering effects of soluble fiber in humans. *Dietary Fiber in Health and Disease*. Eagan Pres. St. Paul, Minnesota USA, 126.
- Anderson J.W., Bridges S.R. 1993. Hypocholesterolemic Effects Oats Bran in Human. *Oats Bran*. AACC, St. Paul, Minnesota, USA, 139.
- Colona P., Tayeb J., Mercier C. 1989. Extrusion cooking of starch and starchy products. *Extrusion cooking*, AACC, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, 247.
- Jamroz J., Ciesielski W., Pielichowski K., Tomasik P. 1998. Extrusion-cooking of potato starch and selected properties of the extrudates. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* Vol 7/48, no 1.
- Petkov K., Piech M., Łukaszewski Z., Kowieska A. 1999. Porównanie składu chemicznego i wartości pokarmowej owsa nieoplewionego i oplewionego. *Żywność* 1, 18 Supl., 253–259.
- Pisulewska E., Klima K., Witkowiec R., Borowiec F. 1999. Plon, zawartość oraz skład kwasów tłuszczowych owsa odmiany Dukat w zależności od udziału wsiewki wyki jarej. *Żywność* 1, 18 Supl., 246–252.
- Pisulewska E., Witkowiec R., Borowiec F. 1999. Wpływ sposobu uprawy na plon oraz zawartość i skład kwasów tłuszczowych ziarna owsa nagoziarnistego. *Żywność* 1, 18 Supl., 240–245.
- Pisulewski P.M., Gibiński M., Achrem-Achremowicz B. 1999. Współczesne metody oceny białek roślinnych na przykładzie ziarna owsa. *Żywność* 1, 18 Supl., 196–204.

- Rzedzicki Z. 1999a. Badania możliwości zastosowania surowców owsianych do produkcji ekstrudatów spożywczych. *Żywność* 1, 18 Supl., 214–223.
- Rzedzicki Z. 1999b. Physical properties of corn-oat bran snacks. *International Agrophysics* 13, 3, 381–385.
- Rzedzicki Z., Szpryngiel B., Sobota A. 2000. Estimation of some Chojen physical properties of extrudates obtained from corn semolina and oat bran mixtures. *International Agrophysics* 14, 233–239.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Soral-Śmietana M., Świgoń J. 1996. Modification of potato starch by extrusion. *Acta Academiae Agriculturae Ac Technice Olstenensis, Technol. Alim.* 28, 3.