

PIOTR ZARZYCKI, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA, IWONA WILKOWICZ

## OCENA LEPKOŚCI POZORNEJ WODNYCH ZAWIESIN CAŁOZIARNOWEJ MAKI OWSIANEJ O ZRÓŻNICOWANEJ ZAWARTOŚCI BŁONNIKA POKARMOWEGO

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań lepkości pozornej wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej. Mąki całościarnowe otrzymano z przemiału 6 odmian owsa o zróżnicowanej zawartości błonnika pokarmowego i jego składników, w szczególności frakcji rozpuszczalnej SDF, w tym (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów. W badaniach reologicznych użyto 10 i 15 % zawiesin mąki owsianej, zastosowano zmienny czas stabilizacji zawiesin (0,5 - 2 h), po którym dokonywano pomiaru, oraz zmienny gradient prędkości ścinania (200 - 1200 s<sup>-1</sup>). Pomiary lepkości pozornej wykonano, wykorzystując reometr rotacyjny o współosiowym układzie cylindrów – RM 180 Mettler Rheomat.

Stwierdzono niestabilność lepkości pozornej badanych zawiesin mąki owsianej w czasie ich stabilizacji (0,5 - 2 h). Nastąpił znaczny wzrost lepkości wraz z upływem czasu stabilizacji zawiesin. Wykazano zmienny wpływ gradientu prędkości ścinania na lepkość pozorną zawiesin zależny od stosowanego czasu stabilizacji. Analiza korelacji (Pearsona,  $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego a lepkością pozorną zawiesin wykazała, że lepkość zawiesin była w największym stopniu skorelowana z zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów.

**Słowa kluczowe:** mąka owsiana razowa, błonnik pokarmowy, (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukany, lepkość pozorna

### Wprowadzenie

Produkty owsiane, ze względu na dużą zawartość rozpuszczalnej frakcji błonnika pokarmowego, należą do grupy wyrobów błonnikowych o szczególnych właściwościach fizjologicznych. Wykazano, że produkty te, ze względu na zawartość (1→3) (1→4)  $\beta$ -D-glukanów, mają zdolność stabilizowania poziomu glukozy we krwi, przyczyniają się do obniżenia poziomu cholesterolu ogólnego, cholesterolu o niskiej (LDL) i bardzo niskiej gęstości (VLDL) oraz podniesienia poziomu cholesterolu o wysokiej gęstości (HDL) [6, 7, 8]. Powszechnie uznaje się, że dwie główne cechy błonnika

---

*Dr inż. P. Zarzycki, dr inż. E. Sykut-Domańska, mgr I. Wilkowicz, Katedra Inżynierii i Technologii Zbóż, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin*

owsianego odpowiedzialne za efekt fizjologiczny to zdolność do tworzenia lepkich roztworów oraz podatność na fermentację [4, 10, 12, 16]. Lepkość błonnika pokarmowego wynika w znacznej mierze z zawartości rozpuszczalnej frakcji, w tym gum, pektyn oraz (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów [9]. Wood i wsp. [20] wykazali, że lepkość odpowiada w około 79 - 96 % za redukcję poposiłkowego stężenia glukozy we krwi. Autorzy ci przyznają jednak, że zależność ta nie ma charakteru liniowego, a do nieznacznego zmniejszenia stężenia glukozy we krwi potrzebny był relatywnie duży wzrost lepkości. Ważną rolę lepkości w redukcji poziomu glukozy we krwi potwierdziły także badania przeprowadzone przez Reppasa i Dressmana [15] oraz Brenelliego i wsp. [2]. Badania przeprowadzone przez Danielsona i wsp. [3] wykazały, że lepkość odgrywa także istotną rolę w redukcji stężenia cholesterolu w surowicy krwi. Uznaje się, że taki efekt fizjologiczny, związany z lepkością treści pokarmowej, wynika m.in. ze spowolnienia opróżniania żołądka, spowolnienia dyfuzji i absorpcji składników w jelicie cienkim oraz ograniczenia kontaktu pomiędzy składnikami żywności a enzymami w układzie trawiennym [5, 13, 16].

Istotna rola błonnika pokarmowego w diecie człowieka powoduje, że niezwykle ważne staje się określenie jego zawartości i właściwości zarówno w produktach końcowych, jak również na poszczególnych etapach produkcji [14]. Czasochłonność oraz kosztowność dotychczas stosowanych metod chemicznych i enzymatycznych wymusza poszukiwanie szybszych i tańszych metod pozwalających w prosty sposób określić zawartość błonnika pokarmowego [14]. Jedną z możliwości jest badanie właściwości reologicznych materiału [19]. Podejmowane były np. prace mające na celu określenie przydatności pomiarów lepkości ekstraktów jęczmiennych do szacowania zawartości (1→3) (1→4)  $\beta$ -D-glukanów w produktach przemiału ziarna jęczmienia [14]. Metoda ta, ze względu na swoją prostotę i szybkość, mogłaby znaleźć zastosowanie przy wstępnej selekcji materiału lub bieżącej kontroli procesu produkcji. Trudność może wynikać z faktu, że o lepkości ekstraktów niekoniecznie decydować będzie tylko jeden składnik [19]. Lepkość może się zmieniać w dość istotny sposób w zależności od warunków prowadzenia pomiaru. Istotny wpływ może mieć sposób przygotowania próbki do badań, zastosowany gradient prędkości ścinania, temperatura, stężenie, czas pomiaru, masa cząsteczkowa, stopień rozdrobnienia materiału, pH itp. [4, 17].

Praca niniejsza miała na celu określenie właściwości reologicznych wodnych zawiesin całościarnowych mąk owsianych przy użyciu reometru rotacyjnego. Podjęto próbę oceny wpływu parametrów pomiaru, takich jak: stężenie zawiesiny, czas stabilizacji i gradient prędkości ścinania na zmiany lepkości pozornej zawiesin. Określono również siłę korelacji pomiędzy zawartością błonnika pokarmowego całkowitego (TDF), rozpuszczalnego (SDF), nierozpuszczalnego (IDF) oraz (1→3) (1→4)  $\beta$ -D-glukanów a lepkością pozorną zawiesin całościarnowych mąk owsianych.

### Material i metody badań

W badaniach użyto 6 odmian owsa, w tym 5 odmian nagonasiennych (*Avena nuda*) i 1 oplewioną (*Avena sativa*), pochodzących z sekcji badawczej Hodowli Roślin w Strzelcach. Doboru odmian dokonano na podstawie wcześniejszych badań Sykut-Domańskiej [18]. Głównym kryterium selekcji była zawartość poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego. Zastosowane w badaniach odmiany charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością całkowitego błonnika pokarmowego (TDF), w tym rozpuszczalnego (SDF), nierozpuszczalnego (IDF) oraz (1→3) (1→4) β-D-glukanów. Ziarno owsa oplewionego poddawano ręcznemu procesowi obłuszczenia i wykorzystywano w dalszych badaniach. Mąki całościarnowe otrzymywano w wyniku przemiału ziarna owsa przy użyciu młynka laboratoryjnego, o szczeliny roboczej 0,2 mm.

Zawartość TDF, SDF i IDF w otrzymanych całościarnowych mąkach owsianych określano zgodnie z metodami: AOAC, Method 991.43; AOAC Method 985.29; AACC, Method 32-07; AACC, Method 32-21; AACC, Method 32-05. Przy oznaczeniu (1→3) (1→4) β-D glukanów zastosowano metody: AACC Method 32-23 i AOAC Method 995.16. Powyższe analizy przeprowadzono wg procedur i z wykorzystaniem enzymów firmy Megazyme w 3 powtórzeniach, a wyniki przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Zawartość błonnika pokarmowego i jego składników w całościarnowych mąkach owsianych [% s.m.].  
Content of dietary fibre and its components in whole oat flours [% d.m.].

Mąka owsiana całościarnowa Whole oat flour	(1-3) (1-4) β-D glukany (1-3) (1-4) β-D glucans	TDF	SDF	IDF
1	5,04 ± 0,20	19,61	5,99 ± 0,51	13,62 ± 0,56
2	5,08 ± 0,08	19,07	6,21 ± 0,33	12,85 ± 0,01
3	4,65 ± 0,07	18,73	5,79 ± 0,10	12,94 ± 0,31
4	3,93 ± 0,03	15,88	5,89 ± 0,08	9,99 ± 0,07
5	3,08 ± 0,14	15,79	4,6 ± 0,07	11,19 ± 0,17
6	4,23 ± 0,06	17,52	6,3 ± 0,14	11,22 ± 0,20

Objaśnienia/ Explanatory notes:

TDF – błonnik pokarmowy całkowity / total dietary fibre; SDF – błonnik pokarmowy rozpuszczalny / soluble dietary fibre; IDF – błonnik pokarmowy nierozpuszczalny / insoluble dietary fibre; ± odchylenie standardowe / standard deviation

Otrzymane całościarnowe mąki owsiane użyto do sporządzenia 10 i 15 % wodnych zawiesin – w wodzie destylowanej o temp. 50 °C. Zawiesiny stabilizowano

w ciągu od 0,5 do 2 h, przetrzymując je w łaźni wodnej wstrząsanej (typ 357, częstotliwość 200 obr./min, amplituda 3) w temp. 50 °C. Lepkość pozorną powyższych zawiesin mierzono, stosując każdorazowo zmienny gradient prędkości ścinania w zakresie od 200 do 1200 s<sup>-1</sup>, ze skokową zmianą wartości co 200 s<sup>-1</sup>. Właściwości reologiczne zawiesin całościarnowej mąki owsianej badano, wykorzystując reometr rotacyjny Mettler Rheomat RM 180 z oprogramowaniem RSI Orchestrator wersja V6.5.8., stosując jako system pomiarowy współosiowy układ cylindrów (średnice cylindrów: 32,54 mm i 30 mm). Badania reologiczne przeprowadzono w 3 powtórzeniach.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego SAS ver. 9.2. Obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe oraz zweryfikowano istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi (test Duncana,  $p \leq 0,05$ ). Obliczono także współczynniki korelacji liniowej (Pearsona,  $p \leq 0,05$ ) pomiędzy lepkością pozorną zawiesin, o stężeniu 10 i 15 % a zawartością poszczególnych składników błonnika pokarmowego.

### Wyniki i dyskusja

Wodne zawiesiny całościarnowej mąki owsianej wykazywały niestabilność lepkości pozornej w badanym przedziale czasowym (0,5 - 2 h). Wyniki pomiarów wskazują na znaczny wzrost lepkości pozornej zawiesin wraz z upływem czasu ich stabilizacji (tab. 2 i 3). Zakres zmian był zróżnicowany i zależny od stężenia zawiesin oraz stosowanego gradientu prędkości ścinania. Po 2 h stabilizacji większe zmiany lepkości wystąpiły w zawiesinach mąk owsianych o stężeniu 15 % aniżeli w 10 %, szczególnie przy niskich gradientach prędkości ścinania (tab. 2 i 3). Ze wzrostem gradientu prędkości ścinania, niezależnie od stosowanego stężenia zawiesin (10 i 15 %), następowało zmniejszenie zakresu zmian lepkości w czasie. Zakres zmian lepkości, po 2 h stabilizacji 10 % zawiesin mąk owsianych, przy gradiencie prędkości ścinania wynoszącym 200 s<sup>-1</sup>, mieścił się w przedziale od 32 do 189 % (w odniesieniu do lepkości zawiesin po 0,5 h stabilizacji). Natomiast po zwiększeniu gradientu prędkości ścinania do 1200 s<sup>-1</sup>, zakres zmian lepkości wynosił już tylko od 32 do 63 %. Analogiczne zależności stwierdzono w przypadku zawiesin mąk owsianych o stężeniu 15 %. Zakresy zmian lepkości, po 2 h stabilizacji, kształtowały się od 44 do 109 % i od 15 do 33 %, odpowiednio przy gradiencie prędkości ścinania 200 i 1200 s<sup>-1</sup>.

Tabela 2

Wyniki pomiarów lepkości pozornej [Pa·s] 10 % wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej.  
Measurement results of apparent viscosity [Pa·s] of 10 % whole oat flour water slurries.

Mąka owsiana całościarnowa Whole oat flour	Czas stabilizacji [h] / Stabilization time [h]			
	0,5	1	1,5	2
Gradient prędkości ścinania 200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 200 s <sup>-1</sup>				
1	0,0094 ± 0,0005a	0,0116 ± 0,0006a	0,0165 ± 0,0009a	0,0222 ± 0,0023a
2	0,0088 ± 0,0013a	0,0109 ± 0,0007a	0,0140 ± 0,0003bc	0,0162 ± 0,0011c
3	0,0074 ± 0,0010b	0,0086 ± 0,0007b	0,0101 ± 0,0016d	0,0133 ± 0,0011d
4	0,0071 ± 0,0006b	0,0094 ± 0,0006b	0,0156 ± 0,0027ab	0,0205 ± 0,0016b
5	0,0066 ± 0,0008b	0,0075 ± 0,0010c	0,0085 ± 0,0010d	0,0088 ± 0,0006e
6	0,0067 ± 0,0006b	0,0093 ± 0,0005b	0,0125 ± 0,0013c	0,0166 ± 0,0013c
Gradient prędkości ścinania 400 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 400 s <sup>-1</sup>				
1	0,0090 ± 0,0001a	0,0119 ± 0,0003a	0,0159 ± 0,0009a	0,0216 ± 0,0023a
2	0,0083 ± 0,0015a	0,0105 ± 0,0010b	0,0143 ± 0,0004b	0,0162 ± 0,0009c
3	0,0072 ± 0,0005b	0,0081 ± 0,0011d	0,0100 ± 0,0013d	0,0133 ± 0,0010d
4	0,0065 ± 0,0006bc	0,0091 ± 0,0004c	0,0153 ± 0,0024ab	0,0196 ± 0,0013b
5	0,0056 ± 0,0004d	0,0061 ± 0,0004e	0,0071 ± 0,0005e	0,0076 ± 0,0004e
6	0,0063 ± 0,0004cd	0,0094 ± 0,0007c	0,0124 ± 0,0008c	0,0160 ± 0,0016c
Gradient prędkości ścinania 600 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 600 s <sup>-1</sup>				
1	0,0096 ± 0,0002a	0,0117 ± 0,0004a	0,0158 ± 0,0008a	0,0209 ± 0,0017a
2	0,0083 ± 0,0013bc	0,0109 ± 0,0009b	0,0143 ± 0,0002b	0,0163 ± 0,0011c
3	0,0088 ± 0,0005ab	0,0088 ± 0,0007d	0,0105 ± 0,0011d	0,0133 ± 0,0009d
4	0,0077 ± 0,0004cd	0,0094 ± 0,0004cd	0,0149 ± 0,0020ab	0,0189 ± 0,0013b
5	0,0067 ± 0,0008e	0,0071 ± 0,0003e	0,0084 ± 0,0006e	0,0086 ± 0,0002e
6	0,0074 ± 0,0006de	0,0097 ± 0,0007c	0,0127 ± 0,0005c	0,0157 ± 0,0016c

c.d. Tab. 2

Gradient prędkości ścinania 800 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 800 s <sup>-1</sup>				
1	0,0110 ± 0,0003a	0,0120 ± 0,0010a	0,0157 ± 0,0009a	0,0200 ± 0,0014a
2	0,0097 ± 0,0011b	0,0119 ± 0,0005a	0,0150 ± 0,0008a	0,0167 ± 0,0010b
3	0,0090 ± 0,0006b	0,0103 ± 0,0008b	0,0112 ± 0,0006c	0,0128 ± 0,0018c
4	0,0091 ± 0,0006b	0,0111 ± 0,0006ab	0,0145 ± 0,0012ab	0,0185 ± 0,0016a
5	0,0076 ± 0,0012c	0,0085 ± 0,0009c	0,0099 ± 0,0005c	0,0104 ± 0,0004d
6	0,0089 ± 0,0003b	0,0106 ± 0,0014b	0,0134 ± 0,0018b	0,0153 ± 0,0024b
Gradient prędkości ścinania 1000 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1000 s <sup>-1</sup>				
1	0,0116 ± 0,0001a	0,0132 ± 0,0002a	0,0155 ± 0,0008a	0,0191 ± 0,0011a
2	0,0112 ± 0,0011ab	0,0128 ± 0,0006a	0,0146 ± 0,0001b	0,0161 ± 0,0003c
3	0,0106 ± 0,0003bc	0,0118 ± 0,0006b	0,0124 ± 0,0007d	0,0140 ± 0,0006d
4	0,0103 ± 0,0005c	0,0117 ± 0,0003b	0,0153 ± 0,0013ab	0,0179 ± 0,0010b
5	0,0091 ± 0,0008d	0,0103 ± 0,0004c	0,0111 ± 0,0005e	0,0115 ± 0,0005e
6	0,0103 ± 0,0003c	0,0118 ± 0,0005b	0,0134 ± 0,0003c	0,0153 ± 0,0015c
Gradient prędkości ścinania 1200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1200 s <sup>-1</sup>				
1	0,0126 ± 0,0002a	0,0144 ± 0,0002a	0,0162 ± 0,0004a	0,0187 ± 0,0011a
2	0,0118 ± 0,0011b	0,0141 ± 0,0006a	0,0157 ± 0,0001a	0,0166 ± 0,0002c
3	0,0113 ± 0,0003bc	0,0124 ± 0,0005b	0,0136 ± 0,0009c	0,0153 ± 0,0003d
4	0,0109 ± 0,0006cd	0,0127 ± 0,0002b	0,0159 ± 0,0007a	0,0178 ± 0,0009b
5	0,0092 ± 0,0010e	0,0106 ± 0,0003c	0,0115 ± 0,0006d	0,0122 ± 0,0003e
6	0,0105 ± 0,0001d	0,0128 ± 0,0006b	0,0149 ± 0,0003b	0,0162 ± 0,0007c

Objaśnienia/ Explanatory notes:

Różnice pomiędzy wartościami średnimi w kolumnach, oznaczonymi różnymi literami, są statystycznie istotne (test Duncana,  $p \leq 0,05$ ) / Differences between the mean values shown in columns and denoted by different letters are statistically significant (Duncan test,  $p \leq 0.05$ ); ± odchylenie standardowe/standard deviation

Tabela 3

Wyniki pomiarów lepkości pozornej [Pa·s] 15 % wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej.  
Apparent viscosity [Pa·s] of 15 % whole oat flour water slurries.

Mąka owsiana całościarnowa Whole oat flour	Czas stabilizacji [h] / Stabilization time [h]			
	0,5	1	1,5	2
Gradient prędkości ścinania 200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 200 s <sup>-1</sup>				
1	0,0144 ± 0,0006b	0,0378 ± 0,0003a	0,0722 ± 0,0009b	0,0878 ± 0,0006b
2	0,0089 ± 0,0007d	0,0278 ± 0,0004b	0,0477 ± 0,0009d	0,0658 ± 0,0013d
3	0,0091 ± 0,0007d	0,0228 ± 0,0006d	0,0417 ± 0,0010e	0,0716 ± 0,0011c
4	0,0187 ± 0,0005a	0,0235 ± 0,0005cd	0,0538 ± 0,0007c	0,0593 ± 0,0002e
5	0,0131 ± 0,0011c	0,0158 ± 0,0009e	0,0189 ± 0,0003f	0,0190 ± 0,0013f
6	0,0097 ± 0,0008d	0,0244 ± 0,0009c	0,0922 ± 0,0007a	0,1163 ± 0,0003a
Gradient prędkości ścinania 400 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 400 s <sup>-1</sup>				
1	0,0143 ± 0,0003b	0,0335 ± 0,0006a	0,0604 ± 0,0010b	0,0739 ± 0,0006b
2	0,0101 ± 0,0004d	0,0272 ± 0,0006b	0,0443 ± 0,0008d	0,0604 ± 0,0008d
3	0,0092 ± 0,0002e	0,0222 ± 0,0006d	0,0385 ± 0,0009e	0,0623 ± 0,0006c
4	0,0181 ± 0,0005a	0,0224 ± 0,0005d	0,0487 ± 0,0009c	0,0535 ± 0,0007e
5	0,0119 ± 0,0004c	0,0145 ± 0,0004e	0,0172 ± 0,0005f	0,0163 ± 0,0004f
6	0,0101 ± 0,0002d	0,0238 ± 0,0003c	0,0756 ± 0,0010a	0,0965 ± 0,0006a
Gradient prędkości ścinania 600 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 600 s <sup>-1</sup>				
1	0,0143 ± 0,0002b	0,0315 ± 0,0003a	0,0538 ± 0,0003b	0,0651 ± 0,0003b
2	0,0103 ± 0,0003de	0,0268 ± 0,0002b	0,0415 ± 0,0004d	0,0569 ± 0,0004c
3	0,0098 ± 0,0004e	0,0219 ± 0,0007c	0,0363 ± 0,0003e	0,0564 ± 0,0004c
4	0,0174 ± 0,0002a	0,0213 ± 0,0002c	0,0450 ± 0,0004c	0,0502 ± 0,0003d
5	0,0118 ± 0,0003c	0,0142 ± 0,0003d	0,0163 ± 0,0004f	0,0159 ± 0,0003e
6	0,0105 ± 0,0005d	0,0218 ± 0,0016c	0,0663 ± 0,0004a	0,0833 ± 0,0005a
Gradient prędkości ścinania 800 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 800 s <sup>-1</sup>				
1	0,0124 ± 0,0017b	0,0304 ± 0,0006a	0,0495 ± 0,0004b	0,0593 ± 0,0006b
2	0,0123 ± 0,0015b	0,0278 ± 0,0024b	0,0398 ± 0,0008d	0,0540 ± 0,0002c
3	0,0113 ± 0,0006b	0,0221 ± 0,0010c	0,0345 ± 0,0004e	0,0531 ± 0,0003d
4	0,0172 ± 0,0009a	0,0207 ± 0,0006c	0,0423 ± 0,0006c	0,0475 ± 0,0008e
5	0,0125 ± 0,0008b	0,0144 ± 0,0008d	0,0166 ± 0,0011f	0,0157 ± 0,0004f
6	0,0106 ± 0,0024b	0,0225 ± 0,0009c	0,0593 ± 0,0008a	0,0745 ± 0,0006a

c.d. Tab. 3

Gradient prędkości ścinania 1000 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1000 s <sup>-1</sup>				
1	0,0157 ± 0,0001b	0,0289 ± 0,0002a	0,0463 ± 0,0002b	0,0545 ± 0,0002b
2	0,0129 ± 0,0001d	0,0262 ± 0,0002b	0,0385 ± 0,0003d	0,0510 ± 0,0002c
3	0,0125 ± 0,0001f	0,0218 ± 0,0001c	0,0333 ± 0,0001e	0,0493 ± 0,0002d
4	0,0171 ± 0,0001a	0,0204 ± 0,0001d	0,0397 ± 0,0002c	0,0449 ± 0,0003e
5	0,0139 ± 0,0001c	0,0154 ± 0,0001e	0,0165 ± 0,0001f	0,0160 ± 0,0001f
6	0,0128 ± 0,0001e	0,0218 ± 0,0001c	0,0538 ± 0,0003a	0,0669 ± 0,0003a
Gradient prędkości ścinania 1200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1200 s <sup>-1</sup>				
1	0,0169 ± 0,0001b	0,0281 ± 0,0001a	0,0437 ± 0,0002b	0,0511 ± 0,0002b
2	0,0144 ± 0,0001d	0,0260 ± 0,0005b	0,0372 ± 0,0001d	0,0489 ± 0,0002c
3	0,0137 ± 0,0001e	0,0217 ± 0,0001c	0,0324 ± 0,0001e	0,0465 ± 0,0003d
4	0,0182 ± 0,0001a	0,0201 ± 0,0001e	0,0381 ± 0,0001c	0,0426 ± 0,0001e
5	0,0151 ± 0,0001c	0,0168 ± 0,0001f	0,0177 ± 0,0001f	0,0174 ± 0,0001f
6	0,0143 ± 0,0001d	0,0213 ± 0,0001d	0,0503 ± 0,0002a	0,0621 ± 0,0003a

Objaśnienia/ Explanatory notes:

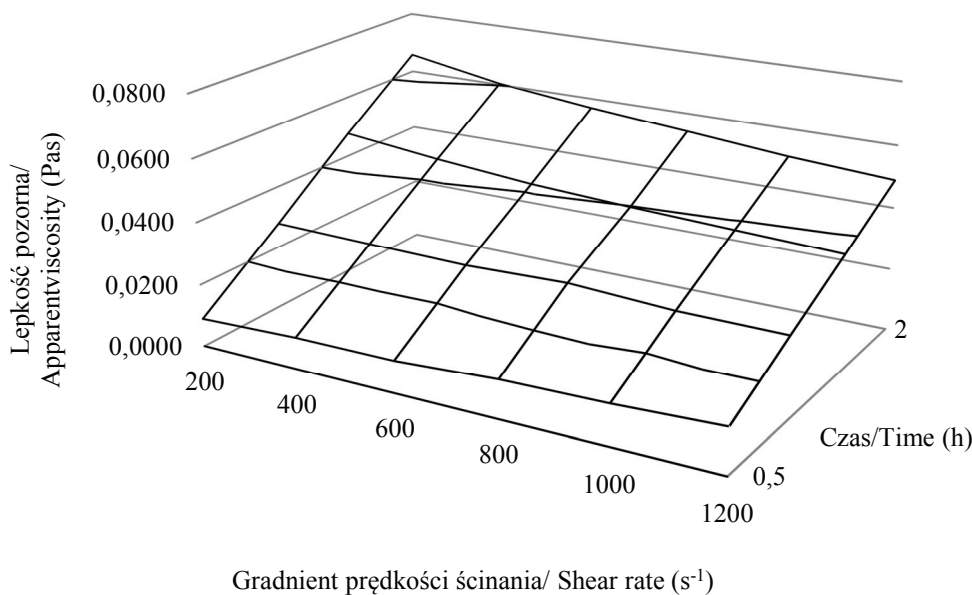
Różnice pomiędzy wartościami średnimi w kolumnach, oznaczonymi różnymi literami, są statystycznie istotne (test Duncana,  $p \leq 0,05$ )/Differences between the mean values shown in columns and denoted by different letters are statistically significant (Duncan test,  $p \leq 0.05$ ); ± odchylenie standardowe/standard deviation.

Uzyskane wyniki wskazują, jak niezwykle istotne jest zachowanie stałego czasu pomiędzy sporządzeniem zawiesin mąki owsianej a pomiarem ich lepkości pozornej. Analogiczne wnioski prezentowane są w pracy Mager i wsp. [14]. Autorzy wykazali, że lepkość kwaśnych ekstraktów jęczmiennych mierzona bezpośrednio po sporządzeniu była wyższa niż lepkość ekstraktów po 6 h stabilizacji. Widoczne różnice dotyczące kierunku zmian lepkości pomiędzy badaniami wspomnianych autorów a badaniami własnymi mogą wynikać z przyjętego w badaniach własnych krótszego przedziału czasowego, w którym dokonywano pomiarów.

Niezależnie od stosowanego stężenia zawiesin całościarnowej mąki owsianej, po 0,5 h ich stabilizacji, wykazywały one cechy cieczy dylatacyjnej charakteryzującej się wzrostem lepkości wraz ze wzrostem gradientu prędkości ścinania (tab. 2 i 3). Wydłużanie czasu stabilizacji prowadziło do stopniowej zmiany charakteru cieczy z dylatacyjnego na pseudoplastyczny. Zmiany te następowały z różną szybkością w odniesieniu do poszczególnych próbek, przy czym zwiększenie stężenia zawiesiny z 10 do 15 % znacząco przyspieszyło ten proces. W przypadku 15 % stężenia już po 1 h stabilizacji prawie wszystkie zawiesiny, oprócz próbki nr 5, wykazywały cechy cieczy pseudoplastycznej tj. zmniejszenie lepkości wraz ze wzrostem gradientu prędkości ścinania (tab. 3). Na rys. 1. przedstawiono poglądowo zmiany lepkości pozornej zacho-



dzące w poszczególnych próbkach, na przykładzie zawiesiny całościarnowej mąki owsianej nr 2 o najwyższej zawartości (1→3) (1→4)  $\beta$ -D-glukanów. Zmiany takie są charakterystyczne także dla pozostałych próbek.



Rys. 1. Wpływ gradientu prędkości ścinania oraz czasu stabilizacji na lepkość pozorną na przykładzie 15 % zawiesiny całościarnowej mąki owsianej bogatej w (1-3) (1-4)  $\beta$ -D glukany (próbna nr 2, tab. 3).

Fig. 1. Effect of shear rate gradient and stabilization time on apparent viscosity exemplified by 15% whole oat flour water slurries rich in (1-3) (1-4)  $\beta$ -D glucans (sample no. 2, Tab. 3).

W tab. 4. i 5. przedstawiono współczynniki korelacji (Pearsona,  $p \leq 0,05$ ) pomiędzy lepkością pozorną zawiesin całościarnowej mąki owsianej o stężeniu 10 i 15 % a zawartością poszczególnych frakcji błonnika pokarmowego. Stwierdzono, że lepkość zawiesin skorelowana była w największym stopniu z zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów. Najwyższe współczynniki korelacji, pomiędzy zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów a lepkością pozorną, wystąpiły w przypadku 10 % zawiesin mąki owsianej, przy zastosowaniu czasu stabilizacji w zakresie od 0,5 do 1 h i wyższych gradientach prędkości ścinania (1000 - 1200  $s^{-1}$ ). Wartości te kształtowały się na poziomie  $r = 0,97$  i  $r = 0,96$  odpowiednio w odniesieniu do czasu stabilizacji 0,5 i 1 h oraz gradientu prędkości ścinania 1000  $s^{-1}$ ;  $r = 0,94$  i  $r = 0,91$  odpowiednio w przypadku czasu stabilizacji 0,5 i 1 h oraz gradientu prędkości ścinania 1200  $s^{-1}$  (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy lepkością pozorną 10 % zawiesin całościarnowej mąki owsianej (n = 6) a zawartością frakcji błonnika pokarmowego.

Coefficients of correlation between apparent viscosity of 10% water slurries of whole oat flour (n = 6) and the content of dietary fibre fraction.

Frakcje błonnika pokarmowego Dietary fibre fraction	Czas stabilizacji [h] / Stabilization time [h]							
	0,5		1		1,5		2	
Gradient prędkości ścinania 200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 200 s <sup>-1</sup>								
(1-3) (1-4) β-D glukan	0,83	p=0,042	0,85	p=0,034	0,59	p=0,218	0,59	p=0,221
TDF	0,82	p=0,045	0,73	p=0,1	0,36	p=0,486	0,37	p=0,473
SDF	0,43	p=0,392	0,72	p=0,105	0,68	p=0,14	0,71	p=0,112
IDF	0,79	p=0,064	0,55	p=0,262	0,12	p=0,815	0,12	p=0,821
Gradient prędkości ścinania 400 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 400 s <sup>-1</sup>								
(1-3) (1-4) β-D glukan	0,92	p=0,009	0,85	p=0,032	0,66	p=0,15	0,66	p=0,158
TDF	0,90	p=0,014	0,73	p=0,1	0,42	p=0,412	0,44	p=0,385
SDF	0,56	p=0,244	0,79	p=0,061	0,77	p=0,073	0,76	p=0,08
IDF	0,82	p=0,044	0,51	p=0,296	0,15	p=0,776	0,18	p=0,729
Gradient prędkości ścinania 600 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 600 s <sup>-1</sup>								
(1-3) (1-4) β-D glukan	0,87	p=0,025	0,88	p=0,019	0,67	p=0,146	0,66	p=0,153
TDF	0,86	p=0,026	0,76	p=0,08	0,43	p=0,389	0,45	p=0,374
SDF	0,52	p=0,288	0,8	p=0,054	0,76	p=0,081	0,75	p=0,086
IDF	0,80	p=0,057	0,55	p=0,263	0,18	p=0,734	0,20	p=0,706
Gradient prędkości ścinania 800 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 800 s <sup>-1</sup>								
(1-3) (1-4) β-D glukan	0,85	p=0,031	0,87	p=0,023	0,69	p=0,127	0,61	p=0,196
TDF	0,77	p=0,07	0,68	p=0,138	0,48	p=0,339	0,39	p=0,443
SDF	0,67	p=0,141	0,85	p=0,033	0,76	p=0,077	0,69	p=0,128
IDF	0,62	p=0,187	0,43	p=0,396	0,23	p=0,666	0,16	p=0,767
Gradient prędkości ścinania 1000 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1000 s <sup>-1</sup>								
(1-3) (1-4) β-D glukan	0,97	p=0,002	0,96	p=0,003	0,63	p=0,182	0,63	p=0,182
TDF	0,87	p=0,026	0,85	p=0,031	0,38	p=0,462	0,41	p=0,417
SDF	0,78	p=0,065	0,81	p=0,053	0,72	p=0,107	0,69	p=0,127
IDF	0,68	p=0,137	0,66	p=0,157	0,13	p=0,811	0,18	p=0,73
Gradient prędkości ścinania 1200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1200 s <sup>-1</sup>								
(1-3) (1-4) β-D glukan	0,94	p=0,005	0,91	p=0,011	0,73	p=0,1	0,70	p=0,118
TDF	0,85	p=0,032	0,77	p=0,071	0,48	p=0,337	0,48	p=0,333
SDF	0,71	p=0,115	0,83	p=0,043	0,86	p=0,029	0,80	p=0,057
IDF	0,70	p=0,125	0,55	p=0,254	0,19	p=0,723	0,22	p=0,678

Objaśnienia/ Explanatory notes:

TDF – błonnik pokarmowy całkowity / total dietary fibre; SDF – błonnik pokarmowy rozpuszczalny / soluble dietary fibre; IDF – błonnik pokarmowy nierozpuszczalny / insoluble dietary fibre. Współczynnik korelacji statystycznie istotny na poziomie  $p \leq 0,05$ / Correlation coefficient statistically significant at  $p \leq 0.05$ .

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy lepkością pozorną 15 % zawiesin całościarnowej mąki owsianej (n = 6) a zawartością frakcji błonnika pokarmowego.

Coefficients of correlation between apparent viscosity of 15% water slurries of whole oat flour (n = 6) and the content of dietary fibre fraction.

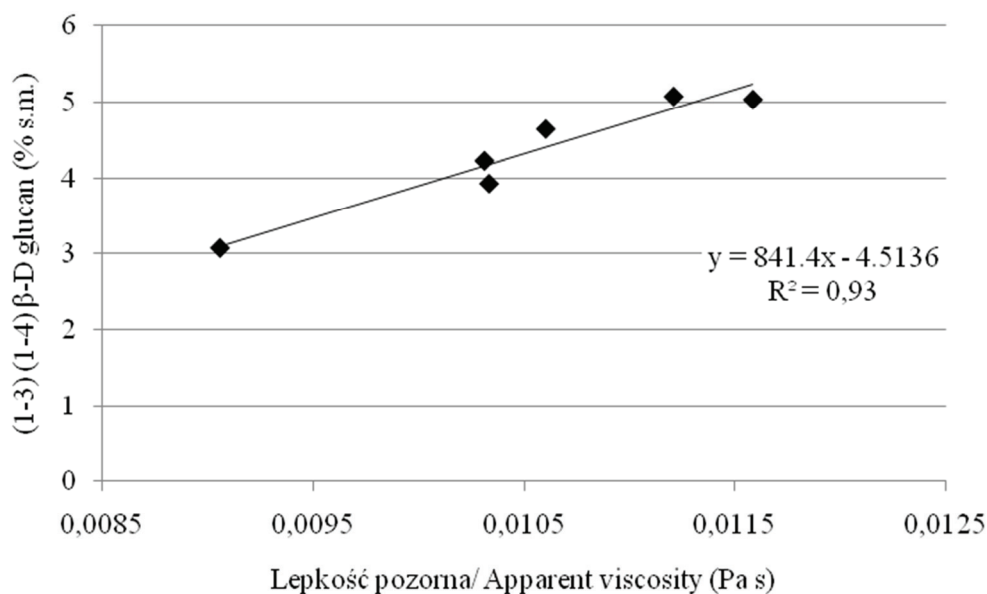
Frakcje błonnika pokarmowego Dietary fibre fraction	Czas stabilizacji [h] / Stabilization time [h]			
	0,5	1	1,5	2
Gradient prędkości ścinania 200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 200 s <sup>-1</sup>				
(1-3) (1-4) β-D glucan	-0,37 p=0,473	0,82 p=0,047	0,46 p=0,358	0,60 p=0,21
TDF	-0,52 p=0,285	0,77 p=0,071	0,35 p=0,491	0,52 p=0,288
SDF	-0,22 p=0,669	0,63 p=0,177	0,80 p=0,058	0,86 p=0,03
IDF	-0,52 p=0,286	0,64 p=0,172	0,07 p=0,899	0,24 p=0,647
Gradient prędkości ścinania 400 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 400 s <sup>-1</sup>				
(1-3) (1-4) β-D glucan	-0,21 p=0,684	0,88 p=0,019	0,51 p=0,302	0,64 p=0,17
TDF	-0,42 p=0,411	0,81 p=0,051	0,38 p=0,46	0,54 p=0,266
SDF	-0,05 p=0,923	0,74 p=0,093	0,85 p=0,034	0,90 p=0,016
IDF	-0,47 p=0,343	0,63 p=0,176	0,07 p=0,89	0,25 p=0,637
Gradient prędkości ścinania 600 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 600 s <sup>-1</sup>				
(1-3) (1-4) β-D glucan	-0,19 p=0,722	0,92 p=0,01	0,54 p=0,269	0,68 p=0,141
TDF	-0,39 p=0,445	0,84 p=0,035	0,40 p=0,438	0,56 p=0,249
SDF	-0,03 p=0,958	0,72 p=0,106	0,87 p=0,023	0,93 p=0,008
IDF	-0,45 p=0,368	0,68 p=0,135	0,08 p=0,878	0,25 p=0,63
Gradient prędkości ścinania 800 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 800 s <sup>-1</sup>				
(1-3) (1-4) β-D glucan	-0,27 p=0,604	0,95 p=0,004	0,57 p=0,239	0,70 p=0,12
TDF	-0,53 p=0,277	0,87 p=0,023	0,41 p=0,415	0,57 p=0,234
SDF	-0,09 p=0,864	0,76 p=0,077	0,89 p=0,017	0,94 p=0,005
IDF	-0,59 p=0,214	0,7 p=0,121	0,10 p=0,858	0,26 p=0,615
Gradient prędkości ścinania 1000 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1000 s <sup>-1</sup>				
(1-3) (1-4) β-D glucan	-0,16 p=0,768	0,94 p=0,005	0,61 p=0,2	0,72 p=0,105
TDF	-0,34 p=0,512	0,88 p=0,02	0,45 p=0,373	0,58 p=0,223
SDF	-0,05 p=0,921	0,74 p=0,094	0,91 p=0,011	0,96 p=0,003
IDF	-0,38 p=0,459	0,72 p=0,106	0,13 p=0,81	0,27 p=0,605
Gradient prędkości ścinania 1200 s <sup>-1</sup> / Shear rate gradient 1200 s <sup>-1</sup>				
(1-3) (1-4) β-D glucan	-0,13 p=0,812	0,94 p=0,006	0,61 p=0,197	0,73 p=0,1
TDF	-0,32 p=0,54	0,9 p=0,016	0,45 p=0,371	0,59 p=0,216
SDF	0 p=1	0,68 p=0,14	0,91 p=0,011	0,96 p=0,002
IDF	-0,38 p=0,46	0,77 p=0,076	0,13 p=0,81	0,28 p=0,596

Objaśnienia: / Explanatory notes:

TDF – błonnik pokarmowy całkowity / total dietary fibre; SDF – błonnik pokarmowy rozpuszczalny / soluble dietary fibre; IDF – błonnik pokarmowy nierozpuszczalny / insoluble dietary fibre. Współczynnik korelacji statystycznie istotny na poziomie  $p \leq 0,05$  / Correlation coefficient statistically significant  $p \leq 0,05$ .

Wydłużanie czasu stabilizacji (1,5 - 2 h) zawiesin o stężeniu 10 % wpływało na stopniowe zmniejszanie współczynnika korelacji. Po 1,5-godzinnej stabilizacji nie stwierdzono już istotnej korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy lepkością a zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów przy żadnym ze stosowanych gradientów prędkości ścinania. W przypadku 10 % zawiesin mąki owsianej po 0,5 h ich stabilizacji wystąpiła także istotna korelacja ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością TDF a lepkością pozorną (tab. 4). Nie stwierdzono natomiast istotnej korelacji liniowej ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy SDF i IDF a lepkością pozorną zawiesin o stężeniu 10 %.

Na rys. 2. przedstawiono zależność pomiędzy zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów a lepkością pozorną 10 % zawiesin całościarnowej mąki owsianej, uwzględniającą parametry, przy których uzyskano najwyższy współczynnik korelacji, czas stabilizacji 0,5 h i gradient prędkości ścinania  $1000 \text{ s}^{-1}$ . Ponadto wyznaczono równanie regresji oraz określono współczynnik determinacji  $R^2$  (rys. 2). Zawartość (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów w produktach owsianych była objaśniona w około 93 % lepkością wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej o stężeniu 10 % ( $R^2 = 0,93$ ). Uzyskane zależności są zbliżone do wyników otrzymanych przez Mager i wsp. [14].



Rys. 2. Zależność pomiędzy zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów a lepkością pozorną 10 % zawiesin razowych mąk owsianych – gradient prędkości ścinania  $1000 \text{ s}^{-1}$ , czas stabilizacji 0,5 h.

Fig. 2. Dependency between the content of (1-3) (1-4)  $\beta$ -D glucans and apparent viscosity of 10 % whole oat flour water slurries – shear rate gradient  $1000 \text{ s}^{-1}$ , stabilization time being 0.5 h.

Zwiększenie stężenia zawiesin całościarnowej mąki owsianej do 15 % nie powodowało zwiększenia siły zależności pomiędzy zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów a ich lepkością pozorną (tab. 5). W porównaniu z wynikami 10 % zawiesin, nie stwierdzono istotnej korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów a lepkością przy 0,5-godzinnej stabilizacji. Po 1 h stabilizacji znacząco wyższy współczynnik korelacji, w porównaniu z 10 % zawiesinami, uzyskano tylko przy gradencie prędkości ścinania  $800 \text{ s}^{-1}$  (wzrost z  $r = 0,87$  do  $r = 0,95$ ). W pozostałych przypadkach (gradient prędkości ścinania 200, 400, 600, 1000 i  $1200 \text{ s}^{-1}$ ) współczynniki korelacji były zbliżone do wyników odnoszących się do 10 % zawiesin (tab. 4 i 5). Istotny współczynnik korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością TDF a lepkością pozorną próbek o stężeniu 15 % stwierdzono po 1 h ich stabilizacji przy stosowaniu gradientu prędkości ścinania w zakresie  $600 - 1200 \text{ s}^{-1}$ .

W przypadku próbek o stężeniu 15 % stwierdzono także istotny współczynnik korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy lepkością pozorną zawiesin a SDF po czasie stabilizacji wynoszącym 1,5 i 2 h. Wyższe wartości współczynników korelacji uzyskano po 2 h stabilizacji próbek o stężeniu 15 %. Wartości te mieściły się w zakresie od  $r = 0,86$  do  $r = 0,96$  i zwiększały się w zależności od zastosowanego gradientu prędkości ścinania (tab. 5). Analogicznie, jak w przypadku 10 % zawiesin mąk owsianych, również w odniesieniu do próbek o stężeniu 15 % nie stwierdzono istotnych współczynników korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy lepkością pozorną a zawartością IDF (tab. 5).

W badaniach przeprowadzonych przez Svihus i wsp. [16] nie wykazano istotnej korelacji ( $p \leq 0,05$ ) pomiędzy zawartością SDF a lepkością wodnych ekstraktów owsianych. Porównując wyniki badań własnych z wynikami Mager i wsp. [14] oraz Svihus i wsp. [17] można stwierdzić, że pomiary lepkości pozornej w zawiesinach całościarnowej mąki owsianej umożliwiają szacowanie zawartości błonnika pokarmowego i jego składników, podobnie jak pomiary lepkości w ekstraktach owsianych.

## Wnioski

1. Stwierdzono, że wodne zawiesiny całościarnowych mąk owsianych wykazują niestabilność lepkości pozornej, która jest zależna od stężenia próbek, czasu ich stabilizacji i stosowanego w czasie pomiarów gradientu prędkości ścinania. Wykazano, że lepkość pozorna próbek mierzona po 2 h stabilizacji zawiesin jest wyższa od lepkości próbek mierzonej po 0,5 h stabilizacji.
2. Gradient prędkości ścinania wywiera różnokierunkowy wpływ na lepkość pozorną wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej, w zależności od stosowanego czasu stabilizacji i stężenia. Podczas stabilizacji w zakresie od 0,5 do 1,5 h i stężeniu 10 % oraz przy czasie stabilizacji 0,5 h i stężeniu 15 % zawiesiny wykazywały właściwości cieczy dylatacyjnej. W pozostałych okresach stabilizacji badane zawiesiny wykazywały cechy cieczy pseudoplastycznej.

3. Lepkość pozorna wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej jest skorelowana w największym stopniu z zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów, co potwierdzono współczynnikami korelacji (Pearsona,  $p \leq 0,05$ ).
4. Nie stwierdzono istotnej korelacji liniowej (Pearsona,  $p \leq 0,05$ ) pomiędzy lepkością pozorną zawiesin całościarnowej mąki owsianej a zawartością nierozpuszczalnej frakcji błonnika pokarmowego.
5. Pomiary lepkości wodnych zawiesin całościarnowej mąki owsianej umożliwiają szacowanie zawartości (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów w odmianach owsa pochodzenia krajowego. Zalecane parametry pomiaru lepkości pozornej to: 10 % stężenie próbki, gradient prędkości ścinania  $1000 \text{ s}^{-1}$ , temp. zawiesin  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  oraz czas stabilizacji 0,5 h. Współczynnik korelacji (Personna) pomiędzy lepkością pozorną zawiesin a zawartością (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glukanów w przypadku ww. parametrów pomiaru wynosił  $r = 0,97$ .

### Literatura

- [1] Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (AACC), St. Paul, Minnesota, 2000.
- [2] Brenelli S.L., Campos S.D.S., Saad M.J.A.: Viscosity of gums in vitro and their ability to reduce postprandial hyperglycemia in normal subjects. *Brazilian J. Med. Biol. Res.*, 1997, **30**, 1437-1440.
- [3] Danielson A.D., Newman R.K., Newman C.W., Berardinelli J.G.: Lipid levels and digesta viscosity of rats fed a high-fiber barley milling fraction. *Nutr. Res.*, 1997, **17**, 515-522.
- [4] Dikeman Ch.L., Fahey G.C. Jr.: Viscosity as related to dietary fibre. A review. *Critical Reviews in Food Sci. Nutr.*, 2006, **46**, 649-663.
- [5] Edwards C.A., Blackburn N.A., Draigner L., Davidson P., Tomlin J., Sugden K., Johnson I.T., Read N.W.: Viscosity of food gums determined in vitro related to their hypoglycemic actions. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1987, **46**, 72-77.
- [6] Friedrich M.: The effects of diet enrichment with hull-less oat cultivar on glucose, lipid, lipoprotein, fibrinogen, and estradiol contents in the blood of post-mastectomy women. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **12** (53), 69-74.
- [7] Gallaher D. G., Hassel A. C.: The role of viscosity in the cholesterol-lowering effect of dietary fiber. In: *Dietary Fiber in Health and Disease*, Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA, 1995, pp. 106-114.
- [8] Gerhardt A.L., Gallo N.G.: Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.*, 1998, **128**, 865-869.
- [9] Hallfrisch J., Behall K.: Mechanisms of the effects of grains on insulin and glucose responses. *J. Am. Coll. Nutr.*, 2000, **19**, 320-325.
- [10] Jenkins D.J.A., Marchie A., Augustin L.S.A., Ros E., Kendall C.W.C.: Viscous dietary fibre and metabolic effect. *Clin. Nutr.*, 2004, **1** Suppl., 39-49.
- [11] Knuckles B.E., Chin M.M., Betschart A.A.:  $\beta$ -glucan – enriched fraction from laboratory – scale dry milling and sewing of barley and oats. *Cereal Chem.*, 1992, **69** (2), 198.
- [12] Lambo A.M., Öste R., Nyman M.E.G.: Dietary fibre in fermented oat and barley  $\beta$ -glucan rich concentrates. *Food Chem.*, 2005, **89**, 283-293.

- [13] Leclère C.J., Champ M., Boillot J., Guille G., Lecannu G., Molis C., Bornet F., Krempf M., Delort-Laval J., Galmiche J-P.: Role of viscous guar gums in lowering the glycemic response after a solid meal. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1994, **59**, 914-921.
- [14] Mager M., Kiryluk J., Szmyt Z., Konieczna E.: Określenie możliwości szacowania zawartości  $\beta$ -glukanów w produktach przemiału ziarna jęczmienia przez pomiar lepkości ich ekstraktów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2003, **4 (37)**, 97-103
- [15] Reppas C., Dressman J.B.: Viscosity modulates blood glucose response to nutrient solutions in dogs. *Diabet. Res. Clin. Prac.*, 1992, **17**, 81-88.
- [16] Sadiq Butt M., Tahir-Nadeem M., Khan M.K.I., Shabir R., Butt M.S.: Oat: unique among the cereals. *Eur. J. Nutr.*, 2008, **47**, 68-79.
- [17] Svihus B., Edvardsen D.H., Bedford M.R., Gullord M.: Effect of methods of analysis and heat treatment on viscosity of wheat, barley and oats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2000, **88**, 1-12.
- [18] Sykut-Domańska E.: Badanie wartości technologicznej dostępnych odmian i rodów owsa nagonasiennego i oplewionego (*Avena nuda*, *Avena sativa*) na cele spożywcze. Rozprawa doktorska. UP Lublin, 2010.
- [19] Vis R.B., Lorenz K.:  $\beta$ -Glucans: Importance in brewing and methods of analysis. *Lebensm. Wiss. U-Technol.*, 1997, **30**, 331-336.
- [20] Wood P.J., Braaten J., Scott F.W., Riedel K.D., Wolynetz M.S., Collins M.W.: Effect of dose and modification of viscous properties of oat gum on plasma glucose and insulin following an oral glucose load. *Br. J. Nutr.*, 1994, **72**, 731-743.

#### EVALUATION OF APPARENT VISCOSITY OF WHOLE OAT FLOUR WATER SLURRIES WITH DIFFERENT DIETARY FIBRE CONTENT

##### S u m m a r y

The paper presents the results of a research into the apparent viscosity of flour water slurries of whole oat flour. The whole oat flours were produced by grinding 6 oat varieties showing a different content of dietary fibre and its components, especially of the soluble dietary fraction (SDF) including (1-3) (1-4)  $\beta$ -D glucans. 10 and 15 % oat flour slurries were rheologically analysed; after the time-varying stabilization of slurries (0.5 - 2 h), the measurements were taken; the shear rate gradient varied (200-1200  $s^{-1}$ ). The apparent viscosity was measured using a spindle-type rotational rheometer with coaxial cylinders, i.e. a RM 180 Mettler Rheomat model.

It was found that the apparent viscosity of oat flour water slurries analyzed was instable during the stabilization (0.5 – 2 h). A significant increase in the viscosity occurred along with the elapsing of the stabilization time of slurries. It was proved that the impact of shear rate gradient on the apparent viscosity changed and depended on the stabilization time applied. The correlation (Pearson,  $p \leq 0.05$ ) between the content of individual dietary fibre fractions and the apparent viscosity of slurries was analyzed and it was proved that the viscosity of slurries was correlated, to the highest degree, with the content of (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glucans.

**Key words:** whole oat flour, dietary fibre, (1-3) (1-4)  $\beta$ -D-glucans, apparent viscosity 