

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE MĄKI OWSIANEJ
ORAZ JEJ INTERAKCJE Z HYDROKOŁOIDAMI
W PORÓWNANIU Z MĄKAMI CHLEBOWYMI

*Gabriela Zięć¹, Halina Gambuś¹, Stanisław Kowalski¹,
Bohdan Achrem-Achremowicz²*

¹Katedra Technologii Węglowodanów, Uniwersytet Rolniczy
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: gabriela.ziec@gmail.com

²Katedra Technologii i Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Uniwersytet Rzeszowski
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości fizycznych mąki owsianej oraz jej interakcje z hydrokoloidami, w porównaniu z mąkami używanymi powszechnie do wypieku chleba. Określono właściwości fizyczne kleików mącznych – lepkość, tiksotropię, spektrum mechaniczne oraz twardość żeli. Zbadano także wpływ dodatku wybranych hydrokoloidów (gumy guarowej i gumy ksantanowej) na powyższe właściwości fizyczne wszystkich mąk. Stwierdzono, że mąka owsiana odznaczała się największą lepkością maksymalną kleików, oznaczoną w amylografie Brabendera. Dodanie pojedynczych hydrokoloidów wywarło zróżnicowany wpływ na lepkość poszczególnych mąk, przy czym zaobserwowano synergistyczny efekt oddziaływania użytych hydrokoloidów na tę cechę. Oznaczenie tiksotropii kleików mącznych wykazało, że 5% kleik z mąki owsianej odznaczał się największą granicą płynięcia i największą powierzchnią pętli histerezy. Dodatek zarówno pojedynczych hydrokoloidów jak i ich mieszanki do kleików z mąki owsianej, zmniejszył ich powierzchnię pętli histerezy, natomiast te same hydrokoloidy dodane do kleików z mąki pszennej i żytniej wpłynęły na zwiększenie ich powierzchni pętli histerezy. Uzyskane podczas badań reologicznych spektrum mechaniczne, wykazało najsilniejszą i najbardziej stabilną strukturę kleików z mąki owsianej, zarówno bez dodatku, jak i z udziałem stosowanych hydrokoloidów. Badając twardość żeli kleików mącznych stwierdzono najmniejszą twardość żeli z mąki owsianej, zarówno bez udziału, jak z dodatkiem hydrokoloidu, co może korzystnie wpływać na odczucia sensoryczne konsumentów.

Słowa kluczowe: mąka owsiana, lepkość, tiksotropia, spektrum mechaniczne

WYKAZ OZNACZEŃ

O – mąka owsiana, stanowiąca odpad przy produkcji koncentratu błonnikowego,

P – mąka pszenna typu 650,

Z – mąka żytnia typu 720,
GG – guma guarowa,
GX – guma ksantanowa,
CD – tryb kontrolowanego odkształcenia,
CR – tryb kontrolowanej szybkości,
j. B – jednostki Brabendera,
 τ_0 – amplituda naprężenia,
 τ – naprężenie,
 η_0 – lepkość Cassone,
n – współczynnik płynięcia,
K – współczynnik konsystencji,
 G' – moduł zachowawczy (składowa rzeczywista),
 G'' – moduł stratności (składowa urojona),
 γ – odkształcenie,
 γ_0 – amplituda odkształcenia.

WSTĘP

Pomimo popularyzowania w Polsce wiedzy o zaletach produktów owsianych i ich walorach zdrowotnych w żywieniu człowieka (Bartnikowska i in. 2000, Bartnikowska 2003), nie obserwuje się większego zainteresowania produkcją tych przetworów. Przetwórstwo owsa wymaga bowiem wysoko wyspecjalizowanych linii technologicznych (Bartnik i Rothkaehl 1997, Gambuś i in. 2003, 2006, Dewettinck i in. 2008), zwiększających koszty produkcji i jednocześnie ryzyko całego przedsięwzięcia. Aktualnie na rynku krajowym dostępne są następujące produkty owsiane: płatki, otręby, mąka, kasza i pęczak, stanowiące zaledwie około 5% całego zbioru owsa. Zainteresowanie tymi przetworami jest niewielkie, stąd też ze szczególną uwagą obserwuje się wszelkie nowości mające na celu spopularyzowanie owsa, poprzez wprowadzenie na rynek nowych przetworów tego zboża. Takim nowym produktem jest koncentrat β -D-glukanu. Podczas jego produkcji, jako produkt odpadowy pozostaje mąka owsiana resztkowa, pozbawiona dużej części rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, wydzielonej na drodze segregacji fizycznej. Po takim zabiegu w mące zawarte są jeszcze różne cenne składniki odżywcze (Zięć i in. 2010).

Hydrokoloidy polisacharydowe odgrywają bardzo istotną rolę w opracowywaniu produktów spożywczych, kształtując między innymi ich teksturę, stabilizując oraz zwiększając zawartość błonnika pokarmowego. Jedną z najważniejszych funkcji hydrokoloidów jest zagęszczanie żywności (Sikora i Krystyjan 2008). Guma ksantanowa charakteryzuje się wyjątkowymi właściwościami, które rzutują bezpośrednio na szerokie możliwości jej zastosowania w żywności w charakterze: zagęstnika, stabilizatora emulsji, stabilizatora zawiesin i koloidu ochronnego.

Z kolei guma guarowa należąca do galaktomannanów, tworzy stabilne i bardzo lepkie roztwory. W związku z tym wykorzystuje się ją również jako zagęstnik w wielu produktach spożywczych (Pettitt 1982).

Zmiany cywilizacyjne spowodowały wzrost spożycia żywności wysokoprzetworzonej, chemicznie modyfikowanej oraz pozbawionej istotnych składników odżywczych. Do najczęściej stosowanych procesów jednostkowych w technologii żywności należy zagęszczanie i żelowanie substancji, w celu osiągnięcia pożądanych cech reologicznych, teksturalnych i organoleptycznych. Stąd też opracowanie nowych zagęstników do żywności, opartych na mące owsianej resztkowej oraz naturalnych hydrokoloidach polisacharydowych (gumie ksantanowej oraz gumie guarowej) wydaje się być w pełni uzasadnione.

Celem prezentowanych badań było oznaczenie właściwości fizycznych kleików mącznych – lepkości, właściwości tiksotropowych, spektrum mechanicznego, twardości żeli oraz wpływu udziału wybranych hydrokoloidów (gumy guarowej i gumy ksantanowej) na powyższe właściwości kleików z mąki owsianej, pszennej i żytniej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły: mąki [owsiana (O) stanowiąca odpad przy produkcji β -D-glukanu przez firmę Microstructure w Warszawie, pszena typu 650 (P) oraz żytnia typu 720 (Z) zakupione w PZZ Kraków S.A.] oraz hydrokoloidy [guma guarowa (GG)-E 412 zakupiona w firmie Bezgluten i guma ksantanowa (GX)-E 145 zakupiona w firmie HORTIMEX]. Z wyżej wymienionych mąk sporządzono 5% lub 10% wodne kleiki, bez dodatku i z dodatkiem wyżej wymienionych hydrokoloidów w ilości 0,2% w stosunku do masy mąki. Przygotowywano kleiki z udziałem pojedynczego hydrokoloidu lub ich mieszaniny, w stosunku 1:1.

Reologiczne właściwości kleików mącznych badano przez pomiar:

- lepkości maksymalnej, lepkości po 1 min. ogrzewania w temperaturze 92°C oraz lepkości po ochłodzeniu do temperatury 30°C, 10% kleików mącznych z hydrokoloidami i bez ich dodatku, w amylografie Micro Visco-Amylo-Graph (Brabender, Niemcy) zgodnie z metodą standardową (Instrukcja obsługi Micro Visco-Amylo-Graph 2007). Zmierzono również odbicie (Setback), które jest miarą zdolności skrobi do retrogradacji, poprzez oznaczenie różnicy lepkości maksymalnej oraz lepkości po ochłodzeniu do 30°C.
- spektrum mechanicznego 5% kleików mącznych z hydrokoloidami i bez ich dodatku, w reometrze rotacyjnym (RheoStress RS 1, Gebrueder Haake GmbH, Karlsruhe, Niemcy) z układem pomiarowym płytka – stożek C 60/2. Pomiaru dokonywano przy odkształceniu wynoszącym 1%, mieszczącym się w zakresie liniowej lepkosprężystości, w trybie kontrolowanego odkształcenia (CD). Spektrum mechaniczne wykonano przy zmiennej częstotliwości

drgań w zakresie 0,1-10 Hz. Przed pomiarem kleiki sporządzano w naczyniu szklanym, umieszczonym w łaźni wodnej o temperaturze 96°C, mieszając suspensję mieszadłem mechanicznym przez 20 min, z szybkością 500 obr·min⁻¹ (Dongowski i in. 2005).

- krzywych płynięcia oraz właściwości tiksotropowych 5% kleików mącznych z hydrokoloidami i bez ich dodatku, w reometrze rotacyjnym (RheoStress RS 1, Gebrueder Haake GmbH, Karlsruhe, Niemcy), w układzie pomiarowym płytka – stożek C 60/2. Zakres szybkości ścinania wynosił od 0 do 300 s⁻¹. Pomiaru dokonywano w trybie kontrolowanej szybkości ścinania (CR). Przed pomiarem kleiki sporządzano w naczyniu szklanym, umieszczonym w łaźni wodnej o temperaturze 96°C, mieszając suspensję mieszadłem mechanicznym przez 20 min., z szybkością 500 obr·min⁻¹. Do opisu krzywych płynięcia zastosowano modele: Ostwalda-de-Waele, który pozwolił wnioskować o lepkości strukturalnej badanych kleików oraz Cassone, który umożliwił wyznaczenie granicy płynięcia badanych kleików i określenie ich właściwości plastycznych.
- twardości 10% schłodzonych kleików mącznych z hydrokoloidami i bez ich dodatkiem, otrzymanych w amylografie Micro Visco-Amylo-Graph firmy Brabender, po ich 24 h przechowywaniu w lodówce (temperaturze około 8°C), przy zastosowaniu próbnika cylindrycznego o średnicy 20 mm, w teksturometrze TA. XT. Plus (Stable Micro Systems, United Kingdom). Prędkość przesuwu wynosiła 2 mm·s⁻¹, przerwa między przesuwami 2 s, stopień kompresji – 3 mm.

WYNIKI I DYSKUSJA

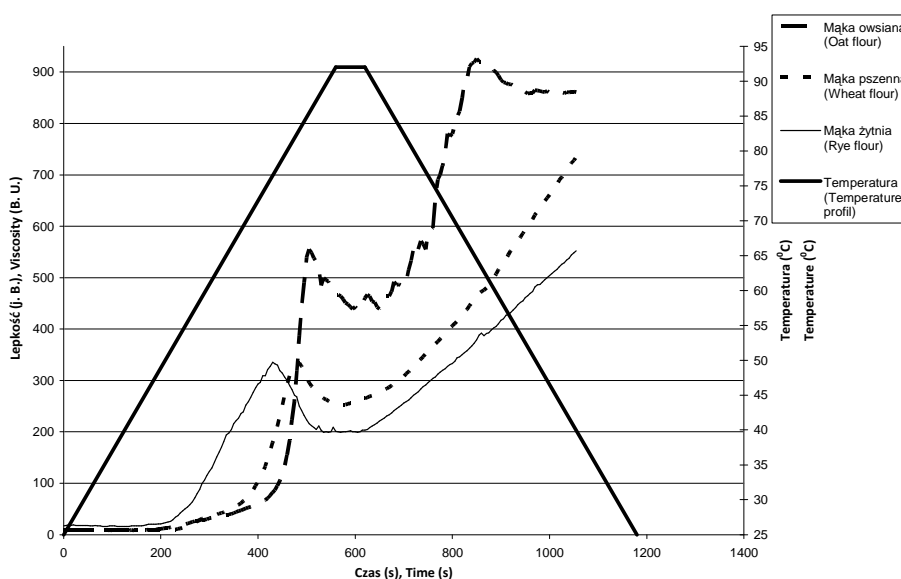
Przeprowadzone badania wykazały, że 10% wodne kleik z mąki owsianej bez dodatku hydrokoloidów, sporządzony w amylografie Brabendera, odznaczał się zdecydowanie największą wartością lepkości maksymalnej (tab.1), przy zbliżonych wartościach lepkości kleików z mąki zbóż chlebowych bez dodatku hydrokoloidów. Podobną tendencję zaobserwowano po ochłodzeniu tych kleików do temperatury 30°C, przy czym najmniejszą lepkością w tej temperaturze odznaczał się kleik z mąki żytniej.

Wykazano również, że kleik z mąki owsianej bez dodatku hydrokoloidów odznaczał się istotnie niższą temperaturą kleikowania niż kleik z mąki pszennej, oraz porównywalną do kleiku z mąki żytniej (rys. 1). Charakteryzował się on również znacznie mniejszą zdolnością do retrogradacji skrobi, w porównaniu z kleikiem z mąki pszennej (tab. 1), co jest znane z badań wcześniejszych (Gambuś 1997, Zhou i in. 1998).

Po dodaniu do badanych mąk 0,2% wybranych hydrokoloidów – gumy guarowej (GG) i gumy ksantanowej (GX), zanotowano istotny wzrost lepkości mak-

symalnej wszystkich analizowanych kleików, przy czym dał się zauważyć wyraźny efekt synergistyczny zastosowania obu wybranych hydrokoloidów w mieszance, w stosunku wagowym 1:1, skutkujący największym wzrostem lepkości (tab. 1). Synergistyczne oddziaływania w układach skrobia – hydrokoloid są coraz częściej wykorzystywane w produkcji żywności, m. in. w celu stabilizacji tekstury i właściwości reologicznych zagęstników skrobiowych, przez stosowanie mieszanin tańszych polimerów w zamian tradycyjnie używanych droższych ich zamienników (Sikora i Krystyjan 2008).

Kowalski i in. (2008) badając żelowanie skrobi owsianej w wodnych roztworach gumy ksantanowej i gumy guarowej otrzymali podobne wyniki. Według wymienionych autorów skrobia owsiana charakteryzuje się dużą lepkością, zarówno z udziałem jak i bez udziału wybranych hydrokoloidów. W badaniach własnych dodatek wybranych hydrokoloidów do kleików z mąki owsianej i pszennej istotnie zmniejszył ich zdolność do retrogradacji, nie wpływając na tę cechę w przypadku kleiku z mąki żytniej (tab. 1). To istotne zahamowanie retrogradacji skrobi z mąki owsianej i pszennej z udziałem hydrokoloidów, należy uznać za zmianę bardzo korzystną, gdyż retrogradacja skrobi odgrywa główną rolę w przydatności wielu skrobiowych produktów żywnościowych m. in. zagęstników skrobiowych (Gambuś 1997, Fredriksson i in. 1998).



Rys. 1. Charakterystyka kleikowania mąki: owsianej, pszennej i żytniej
Fig. 1. Pasting characteristics of 10%wt flour dispersions

Tabela 1. Wskaźniki charakterystyki kleikowania 10% wodnych kleików mącznych, bez udziału i z udziałem hydrokoloidów**Table 1.** Pasting characteristics of 10% wt flour dispersions

Nazwa próbki Sample	Maksimum lepkości (j. B) Maximum viscosity (B. U.)	Temperatura przy maksimum lepkości Temperature of maximum viscosity (°C)	Lepkość po 1 min. ogrzewania w temp. 92°C (j. B) Viscosity after holding period (B. U.)	Lepkość po schłodzeniu do temp. 30°C (j. B) Viscosity after cooling period (B. U.)	Odbicie (miara zdolności do retrogradacji) (j. B) Setback (tendency of retrogradation) (B. U.)
O	547,5 c*	91,3	475,0 b	862,0 a	381,0 b
O + GG	664,0 b	91,9	596,0 a	898,0 a	288,0 c
O + GX	652,5 b	92,9	585,0 a	782,0 b	189,0 d
O + GX + GG	702,0 a	91,9	628,0 a	844,0 a	211,0 c
P	323,0 d	89,8	254,0 d	728,0 b	466,0 a
P + GG	524,5 c	90,2	379,0 c	855,0 a	364,0 b
P + GX	652,0 b	89,2	512,0 b	866,0 a	352,0 b
P + GX + GG	759,5 a	88,5	479,0 b	855,0 a	364,0 b
Z	329,0 d	83,0	209,0 d	548,0 c	344,0 b
Z + GG	469,0 cd	80,8	208,0 d	597,0 c	381,0 b
Z + GX	623,5 b	76,0	343,0 c	661,0 c	306,0 b
Z + GX + GG	650,0 b	77,7	296,0 d	646,0 c	345,0 b

*Różne litery w kolumnach oznaczają statystycznie istotne różnice przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$; O – mąka owsiana, P – mąka pszenna, Z – mąka żytnia, GG – guma guarowa, GX – guma ksantanowa j. B – jednostki Brabendera.

*Different letters in columns denote statistically significant differences between the means ($\alpha = 0.05$), O – oat flour, P – wheat flour, Z – rye flour, GG – guar gum, GX – xanthan gum, B.U. – Brabender Units.

Na podstawie pomiaru krzywych płynięcia oraz właściwości tiksotropowych stwierdzono, że wszystkie badane kleiki mączne nie należały do cieczy newtonowskich ($n < 1$) (tab. 2), lecz pseudoplastycznych, rozrzedzanych ścinaniem (Schramm 1998). Największą plastycznością, wymagającą największego naprężenia ścinającego τ do osiągnięcia progu płynięcia τ_0 , charakteryzował się kleik sporządzony z mąki owsianej bez dodatku hydrokoloidów, w porównaniu z kleikami z mąki: pszennej i żytniej. Jednocześnie odznaczał się on największą po-

wierzchnią pętli histerezy i niewielką zdolnością do odbudowy struktury po upływie 10 min od zakończenia pomiaru (rys. 2). Podobne wyniki uzyskali Doublier i in (1987) badając kleiki ze skrobi owsianej.

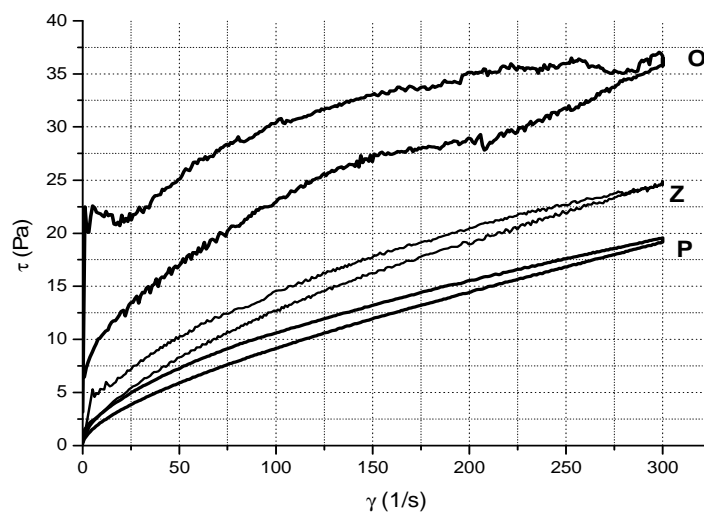
Tabela 2. Opis krzywych płynięcia modelami: Ostwalda-de Waele i Cassone
Table 2. Flow curves characteristics of Oswald-de-Waele and Cassone models

Rodzaj mącznego kleika (Flour pastes)	Model Cassone (Cassone Model)			Model Ostwalda-de-Waele (Oswald-de-Waele model)			Powierzchnie pętli histerezy (Thixotropy) (Pa s ⁻¹)
	τ_0 (Pa)	η_0 (Pa·s)	R ²	K(Pa·s ⁿ)	n (-)	R ²	
O	18,7	0,01	0,96	12,95	0,18	0,97	1828,0
O+GG	18,0	0,02	0,96	11,65	0,22	0,99	726,9
O+GX	25,8	0,01	0,95	19,91	0,14	0,95	351,1
O+GG+GX	19,2	0,02	0,99	12,13	0,24	0,98	1658,0
P	2,1	0,03	0,99	0,84	0,55	0,99	315,0
P+GG	30,5	0,09	0,98	15,68	0,34	0,99	2334,0
P+GX	14,7	0,05	0,99	7,19	0,37	0,99	1766,0
P+GG+GX	14,3	0,06	0,99	6,82	0,38	0,99	802,9
Z	3,7	0,05	0,99	1,85	0,45	0,99	112,3
Z+GG	10,5	0,07	0,99	4,60	0,45	0,99	1093,0
Z+GX	10,6	0,04	0,99	5,26	0,36	0,99	755,0
Z+GG+GX	4,6	0,04	0,99	1,91	0,48	0,99	123,2

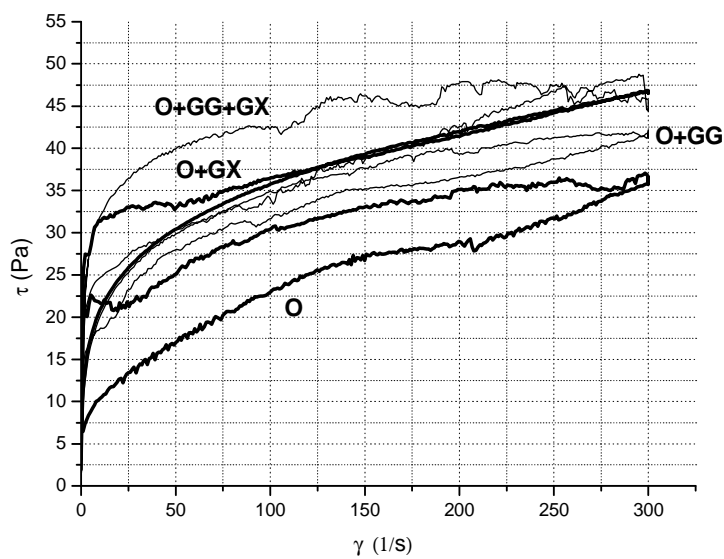
τ_0 – amplituda naprężenia, η_0 – lepkość Cassone, K – współczynnik konsystencji, n – wskaźnik płynięcia;
 τ_0 – amplitude of strain; η_0 – viscosity of Cassone; K – modulus of consistency; n – modulus of flow;

Udział hydrokoloidów (za wyjątkiem GX) nie wpłynął istotnie na zmianę wartości τ_0 (>18Pa), tego kleiku (tab. 2) natomiast w znaczący sposób zmniejszył jego pętlę histerezy: z udziałem gumy guarowej o 50%, a gumy ksantanowej o 80%, zwiększając jednocześnie zdolność do odbudowy struktury tego kleiku w krótkim czasie (rys. 3).

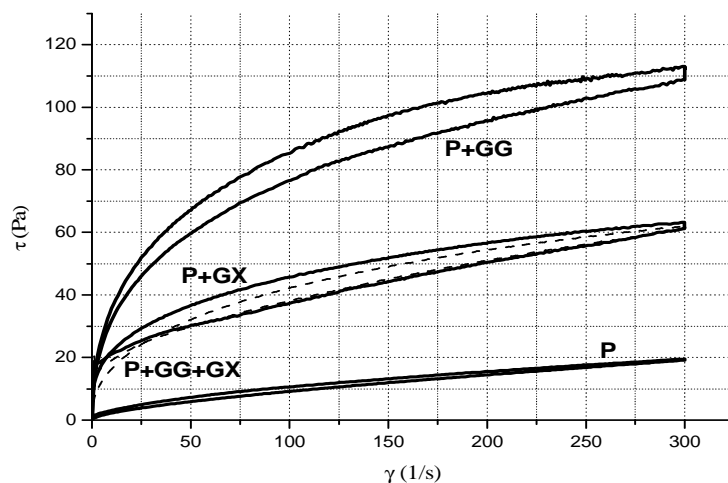
Mimo kilkakrotnie mniejszej plastyczności pozostałych kleików (z mąk chlebowych), w odniesieniu do kleiku z mąki owsianej, kleiki te odznaczały się znacznie mniejszymi powierzchniami pętli histerezy i większą zdolnością do odbudowy swej struktury (rys. 4 i 5). Udział hydrokoloidów w tych kleikach wpłynął na zwiększenie wartości τ_0 oraz powierzchni ich pętli histerezy, nie wpływając istotnie na zdolność odbudowy ich struktury (tab. 2).



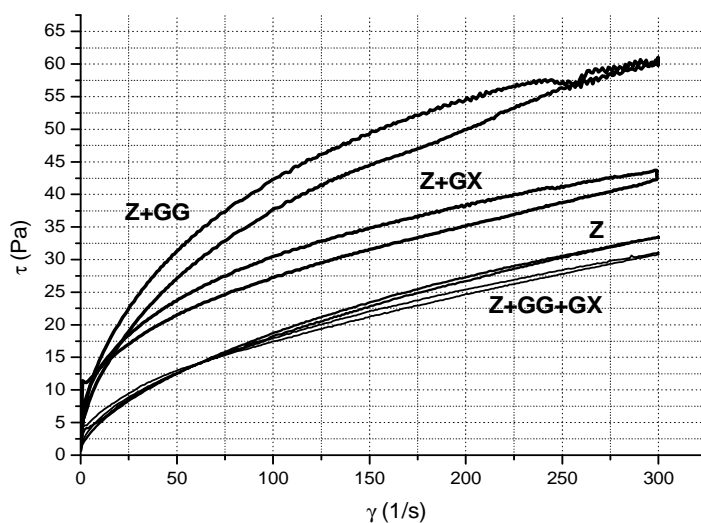
Rys. 2. Krzywe płynięcia kleików z mąki: owsianej (O), pszennej (P) i żytniej (Z)
Fig. 2. Flow curves of paste of oat (O), wheat (P) and rye (Z) flour



Rys. 3. Krzywe płynięcia kleików z mąki owsianej z dodatkiem wybranych hydrokoloidów
Fig. 3. Flow curves of pastes of oat flour with addition of hydrocolloids



Rys. 4. Krzywe płynięcia kleików z mąki pszennej z dodatkiem wybranych hydrokoloidów
Fig. 4. Flow curves of paste of wheat flour with addition of hydrocolloids

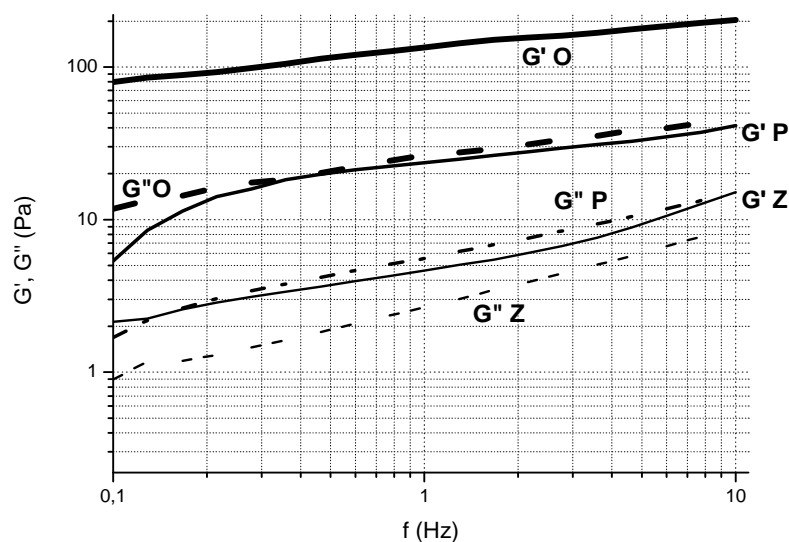


Rys. 5. Krzywe płynięcia kleików z mąki żytniej z dodatkiem wybranych hydrokoloidów
Fig. 5. Flow curves of paste of rye flour with addition of hydrocolloids

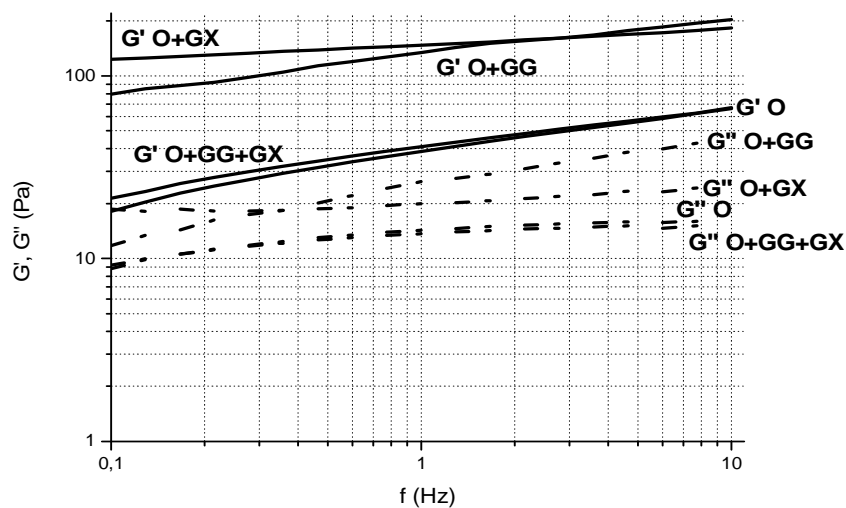
Właściwości reologiczne kleików mącznych badano również za pomocą reologii małych odkształceń, które nie powodowały zniszczenia ich struktury (Don-

gowski i in. 2005). Kleiki z mąki owsianej po ochłodzeniu (temp. 50°C), bez dodatku hydrokoloidów, tworzyły mocniejszą strukturę, w porównaniu z pozostałymi kleikami mącznymi, o czym świadczy najmniejsza zależność przedstawionych na rysunku 6, modułów: zachowawczych G' i stratności G'' od częstotliwości, oraz zdecydowanie większe wartości modułów zachowawczych w odniesieniu do modułów stratności (Steffe 1996). Pozostałe kleiki tworzyły słabsze struktury (rys. 6). Dodatek gumy ksantanowej (GX) do mąki owsianej spowodował wzmocnienie otrzymanej struktury (rys. 7), natomiast dodatek gumy guarowej (GG) i mieszanki obu hydrokoloidów, wpłynęły na niewielkie osłabienie tej struktury, objawiające się zmniejszeniem wartości modułów zachowawczych G' przy prawie nie zmienionych modułach stratności G'' .

W przypadku kleiku z mąki pszennej zarówno udział pojedynczego hydrokoloidu, jak i ich mieszaniny, wpłynął na wzmocnienie jego struktury. Najlepszy efekt uzyskano po zastosowaniu udziału GX (rys. 8). Nie zaobserwowano natomiast wzmocnienia struktury, po dodaniu hydrokoloidów do kleików z mąki żytniej (rys. 9). W przypadku dodatku GG zaobserwowano zmianę charakteru otrzymanej struktury ze słabego żelu na substancję z przewagą cech lepkich. Zmniejszenie elastyczności żeli skrobi owsianej pod wpływem gumy guarowej i gumy ksantanowej obserwowali także Kowalski i in. (2008).

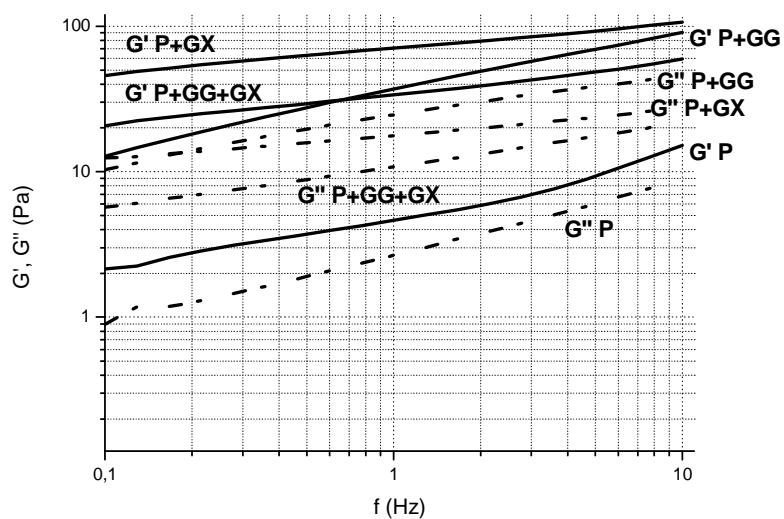


Rys. 6. Spektrum mechaniczne kleików z mąki owsianej, pszennej i żytniej
Fig. 6. Storage moduls G' and loss moduls G'' of oat, wheat and rye pastes



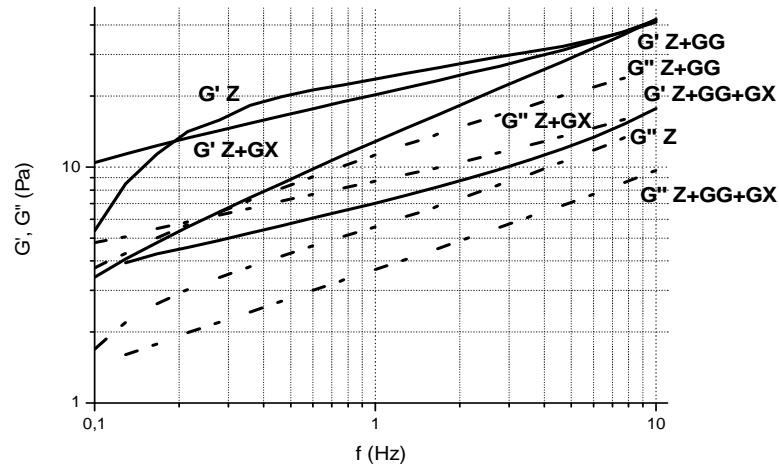
Rys. 7. Moduł zachowawczy G' i moduł stratności G'' kleików z mąki owsianej z udziałem hydrokoloidów

Fig. 7. Storage moduls G' and loss moduls G'' of oat flour and hydrocolloids



Rys. 8. Moduł zachowawczy G' i moduł stratności G'' kleików z mąki pszennej z udziałem hydrokoloidów

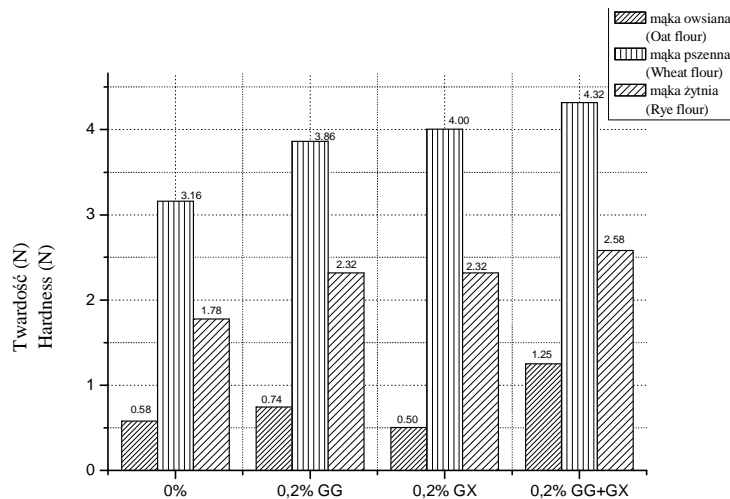
Fig. 8. Storage moduls G' and loss moduls G'' of wheat flour and hydrocolloids



Rys. 9. Moduł zachowawczy G' i moduł stratności G'' kleików z mąki żytniej z udziałem hydrokoloidów

Fig. 9. Storage modulus G' and loss modulus G'' of rye flour and hydrocolloids

Po przechowywaniu 10% kleików mącznych przez 1 dobę w temperaturze 8°C stwierdzono najmniejszą twardość żeli z mąki owsianej, zarówno bez udziału, jak z udziałem hydrokoloidów (rys. 10).



Rys. 10. Twardość żeli mącznych bez udziału i z udziałem hydrokoloidów po, 24 h przechowywaniu w temp. 8°C

Fig. 10. Hardness of pastes of oat, wheat and rye flour with and without hydrocolloids, after 24 h storage at temp. of 8°C

Ponieważ z twardością ściśle związana jest inna ważna sensorycznie cecha tj. żujność, wpływająca na odczucia konsumentów podczas spożywania pokarmów, można ten parametr uznać za korzystny w odniesieniu do żeli z mąki owsianej. Prawdopodobnie wpłynął na tę cechę mniejszy stopień retrogradacji skrobi owsianej (Gambuś 1997), jak i mniejszy wpływ denaturacji białek globularnych na teksturę żeli, w odróżnieniu od białek glutenowych, o rozwiniętej strukturze, zawartych w mąkach: pszennej i żytniej (Surówka i Maciejaszek 2007).

WNIOSKI

1. Użyta w badaniach mąka owsiana, stanowiąca odpad po produkcji koncentratu β -D-glukanu, odznaczała się większą lepkością maksymalną kleików mącznych i mniejszą tendencją do retrogradacji skrobi, w porównaniu do mąki pszennej i żytniej.

2. Po zastosowaniu dodatku mieszaniny wybranych hydrokoloidów do wszystkich badanych mąk, zaobserwowano efekt synergistyczny, skutkujący większym wzrostem lepkości ich kleików, w porównaniu do lepkości po dodatku pojedynczych hydrokoloidów.

3. Spektrum mechaniczne uzyskane podczas badań reologicznych, wykazało najsilniejszą i najbardziej stabilną strukturę kleiku z mąki owsianej, zarówno bez udziału, jak i z udziałem stosowanych hydrokoloidów, mimo oznaczonej najmniejszej twardości żeli z tej mąki, po jednej dobie przechowywania w temp. 8°C.

4. W badaniach krzywych płynięcia kleików z mąki pszennej i żytniej stwierdzono zwiększenie pseudoplastyczności oraz powierzchni pętli histerezy tych kleików z udziałem hydrokoloidów, natomiast udział tych samych hydrokoloidów nie zmienił charakteru płynięcia kleiku z mąki owsianej, wpływając jednak na zwiększenie pętli histerezy tego kleiku.

5. Na podstawie oznaczonych parametrów reologicznych analizowaną mąkę owsianą można polecić do wykorzystania jako zagęstnik do wybranych produktów spożywczych.

PIŚMIENICTWO

- Bartnik M., Rothkaekel J., 1997. Owies – zboże warte zainteresowania. *Przem. Spoż.*, 6, 17-19.
- Bartnikowska E., 2003. Przetwory z ziarna owsa jako źródło ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. *Biuletyn IHAR*, 229, 235-245
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M., 2000. Ziarno owsa niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze.
- Część II. Polisacharydy, włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biuletyn IHAR*, 215, 209-222 i 223-237.

- Dewettinck K., van Bockstaele F., Kuhne B., van de Walle D., Courtens T. M., 2008. Gellynck X: Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception, *J. Cereal Sci.*, 48, 243-257.
- Dongowski G., Drzikova B., Senge B., Blochwitz R., Gebhardt E., Habel A., 2005. Rheological behaviour of β -glucan preparations from oat products. *Food Chemistry*, 279-291.
- Doublier J. L., Paton D., Llamas G., 1987. A rheological investigation of oat starch pastes. *Cereal Chem.* 64, 21-26.
- Fredriksson H., Silveiro J., Andersson A., Eliasson A. C., Åman P., 1998. The influence of amylase and amylopectin characteristic on gelatinization and retrogradation properties of different starches carbohydrate polymers. *Elsevier Sci.*, 35, 119-134.
- Gambuś H., 1997. Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, rozprawy nr 226, Kraków.*
- Gambuś H., Gambuś F., Pisulewska E., 2006. Całozziarnowa mąka owsiana jako źródło składników dietetycznych w chlebach pszennych. *Biuletyn IHAR*, 239, 259-267.
- Gambuś H., Pisulewska E., Gambuś F., 2003. Zastosowanie produktów przemiału owsa nieoplewionego do wypieku chleba. *Biuletyn IHAR*, 229, 283-290.
- Instrukcja obsługi Micro Visco-Amylo-Graph, 2007. Brabender GmbH & Co. KG Duisburg, Germany.
- Kowalski S., Sikora M., Tomasik P., Krystyan M., 2008. Starch polysaccharide hydrocolloid gels. *Polimery* 53, 6.
- Pettitt D. J. 1982. Chapter 5, w *Food Hydrocolloids*, vol. 1. Ed. By M. Glicksman, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Schramm G., 1998. *Reologia. Podstawy i zastosowania.* Ośrodek Wydawnictw Naukowych PAN, Poznań.
- Sikora M., Krystyan M., 2008. Interakcje skrobi różnego pochodzenia botanicznego z nieskrobiowymi hydrokoloidami polisacharydowymi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(56), 23-40.
- Steffe J. F., Ph. D., P. E. 1996. *Rheological methods in food process engineering.* Freeman Press 2807. Still Valley Dr East Lansing, Mi 48823 USA.
- Surówka K., Maciejaszek I., 2007. Oddziaływania białkowo-polisacharydowe i ich praktyczne wykorzystanie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (53), 17-35.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S., 1998. Structure and Pasting Properties of Oat Starch. *Cereal Chemistry* 75 (3), 273-281.
- Zięć G., Gambuś H., Gumul D., Kowalski S., Łukasiewicz M., 2010. Pasting properties and chemical composition of the new oat flour, obtained in the β -D-glucans concentrate production., Editor: Markoš, J., In *Proceedings of the 37th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, Slovakia*, 1526-1526.

SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF OAT FLOUR
AND ITS INTERACTIONS WITH HYDROCOLLOIDS COMPARED
WITH WHEAT AND RYE FLOURS

*Gabriela Zięć¹, Halina Gambuś¹, Stanisław Kowalski¹,
Bohdan Achrem-Achremowicz²*

¹Department of Carbohydrate Technology, Agricultural University
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: gabriela.ziec@gmail.com

²Department of Technology and Quality Evaluation of Plant Products, University of Rzeszów
ul. Ćwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów

Abstract. The aim of the research was to compare the oat flour, constituting remains after the β -D-glucans concentrate production, with common wheat and rye flours and selected hydrocolloids in order to check its applicability as a food thickener. Presented findings concern comparison as well as determination of the influence of applied polysaccharides hydrocolloids (xanthan — GX and guar gum — GG) on mechanical spectrum, viscosity, hardness and flow curves of pastes made from wheat, rye and oat flours, respectively. The highest viscosity was noted for paste of oat flour at 92°C and also after cooling to 30°C. Diverse influence was observed for hydrocolloid additives. The synergistic interaction phenomenon was also observed in the case of both applied hydrocolloids. The paste of oat flour may be characterised by the smallest hardness, which could have an important influence on consumers' sensory analyses. The phenomenon was hydrocolloid-independent. The paste of oat flour was characterised by the highest pseudoplasticity, thixotropy as well as smaller ability for structure rebuilding. The flow behaviour was not modified by hydrocolloids additives but the thixotropy was reduced in the case of guar gum addition (reduction up to 50%) and xanthan (reduction up to 80%). The results of mechanical spectrum research clearly show that all flour pastes were almost frequency-independent. Additionally we have noted that oat flour paste showed the lowest value of tangent delta (G''/G') in the whole tested frequency range when compared with other tested samples. This testifies that such a paste has the strongest and the most stable structure even without hydrocolloids.

Key words: oat flour, viscosity, thixotropy, mechanical spectrum