

CHARAKTERYSTYKA KLEIKOWANIA WODNYCH I MLECZNYCH
ZAWIESIN Z MAKI OWSIANEJ ORAZ WYBRANE PARAMETRY
TEKSTURY OTRZYMANÝCH Z NICH ŹELI*

Wiktor Berski, Halina Gambuś

Katedra Technologii Węglowodanów, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: wberski@ar.krakow.pl

Streszczenie. Spośród zbóż uprawianych w Polsce ziarno owsa charakteryzuje się największą zawartością tłuszczu, soli mineralnych oraz błonnika, co czyni go interesującym z żywieniowego punktu widzenia. Ponadto, w przeciwieństwie do innych zbóż, składniki pokarmowe są w nim bardziej równomiernie rozmieszczone. Niestety ziarno owsa cieszy się stosunkowo niewielkim zainteresowaniem jako zboże konsumpcyjne. Celem podjętych badań było określenie możliwości wykorzystania mąki owsianej, będącej produktem ubocznym w trakcie produkcji preparatu błonnikowego BETAVEN, jako zagęstnika, czy też wykorzystanie jej do produkcji deserów mlecznych. W tym celu oznaczono charakterystykę kleikowania 5 i 10% zawiesin mąki owsianej w wodzie i mleku, w wiskografii MicroVisco-Amylo-Graph, oraz oceniono teksturę mlecznych i wodnych żeli mącznych metodą TPA w teksturometrze TA-XT Plus. Jako materiał porównawczy użyto mąkę ze zmielonych płatków owsianych. Zastąpienie wody mlekiem doprowadziło do obniżenia temperatury kleikowania oraz zwiększenia wszystkich oznaczanych wskaźników lepkości. Nie zaobserwowano wyraźnego wpływu użytego ośrodka dyspersyjnego na teksturę 5% żeli, natomiast twardość 10% żeli zależała od ośrodka dyspersyjnego i zawartości tłuszczu w mleku. Żele mleczne wykazały też większą przylepność niż żele wodne, istotnie zależną od zawartości tłuszczu w mleku. Nie zaobserwowano wyraźnego wpływu zastosowanego ośrodka dyspersyjnego na sprężystość i spójność badanych żeli, niezależnie od stężenia żelu.

Słowa kluczowe: produkty owsiane, kleikowanie, lepkość, tekstura żeli

WSTĘP

Owies jest zbożem uprawianym w strefie klimatu chłodnego, wykorzystywanym głównie na cele paszowe, a jedynie stosunkowo niewielka jego ilość jest

*Projekt współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki (NN 312331640).

przeznaczana na cele konsumpcyjne (Gąsiorowski 1995, Lange 2010). Stopniowo wzrasta jednak zainteresowanie tym niedocenianym zbożem wśród konsumentów, co jest powodowane wzrastającą świadomością żywieniową. Wzrost ilości zachorowań na tzw. choroby cywilizacyjne (przewlekłe choroby niezakaźne) wymusza zwiększone zainteresowanie jakością i składem chemicznym spożywanej żywności. Trwają poszukiwania takiej żywności, która mogłaby choć częściowo zapobiec skutkom tych chorób (Banaś i in. 2000, Bekers i in. 2001, Gibiński 2008).

Ziarno owsa, w porównaniu do innych zbóż, charakteryzuje się nietypowym składem – największą zawartością tłuszczu, błonnika pokarmowego i popiołu, a białko w nim zawarte jest uznawane za najbardziej wartościowe spośród białek zbożowych, o czym decyduje około 80 procentowa zawartość globulin, przy stosunkowo niewielkiej zawartości prolamin. Ponadto tłuszcz owsiany charakteryzuje się dobrym stosunkiem nienasyconych do nasyconych kwasów tłuszczowych (Bartnikowska i in. 2003a,b). Jednak na szczególną uwagę zasługuje błonnik owsiany zawierający w swoim składzie β -glukany, którym przypisuje się niezmiernie istotną rolę w regulacji poziomu cholesterolu czy też stymulacji układu immunologicznego (Gąsiorowski 1995, Banaś i in. 2000, Butt i in. 2008, Gibiński 2008). Wyżej wymienione powody sprawiają, że wzrasta zainteresowanie preparatami zawierającymi β -glukany, a owies staje się oczywistym surowcem do ich otrzymywania (Bekers i in. 2001, Colleoni-Sirghie i in. 2004, Gibiński 2008). Ziarno owsa jest uznanym surowcem służącym do produkcji żywności funkcjonalnej (Banaś i in. 2000, Mårtensson i in. 2001, Gibiński 2008,). Obecnie są produkowane preparaty zawierające β -glukany pochodzące z owsa, takie jak Oatrim czy BETAVEN (Gibiński i in. 2010, Gambuś i in. 2011a,b). Powstający przy ich produkcji produkt uboczny, czyli tzw. resztkowa mąka owsiana (RMO), jest wartościowym surowcem, skłaniającym do podjęcia prób poszukiwania sposobów jej zagospodarowania. Jedną z możliwości jej wykorzystania może być produkcja skrobi owsianej, maltodekstrynowych zamienników tłuszczu (Gibiński i in. 1999) czy też wykorzystanie do produkcji pieczywa (Różyło 2007, Gibiński i in. 2010, Gambuś i in. 2011a i b). Mąka ta może posłużyć jako surowiec do pozyskiwania naturalnych antyoksydantów czy też oleju (Peterson i Wood 1997, Zhou i in. 1999c, Peterson, 2001). Innym sposobem utylizacji może być produkcja żywności funkcjonalnej (Bekers i in. 2001, Mårtensson i in. 2001) oraz produkcja alkoholu, która może być ułatwiona z uwagi na obniżony poziom β -glukanów (Thomas i Ingledew 1995).

Inną alternatywą zagospodarowania produktu ubocznego, otrzymanego w wyniku produkcji preparatu o nazwie handlowej BETAVEN, może być użycie go jako składnika deserów mlecznych, czy też jako zagęstnika (Berski i in. 2012). W przypadku tego typu zastosowań znaczenia nabierają cechy reologiczne takich deserów, takie jak lepkość i profil tekstury otrzymanych żeli.

Celem podjętych badań było wstępne określenie możliwości wykorzystania resztkowej mąki owsianej jako potencjalnego zagęstnika w produkcji deserów mlecznych. W tym celu przeprowadzono charakterystykę kleikowania wodnych i mlecznych zawiesin mąki resztkowej oraz oceniono teksturę otrzymanych żeli. Jako materiału porównawczego użyto mąkę otrzymaną ze zmielenia typowego produktu, jakim są płatki owsiane.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W badaniach wykorzystano następujące surowce:

1. mąkę owsianą resztkową, oznaczoną w dalszej części pracy jako RMO, będącą pozostałością po produkcji preparatu Betaven (skład w %s.s.: skrobia 63,0; białko 15,2; tłuszcz 7,0; β -glukany 2,1),
2. mąkę z płatków owsianych „Błyskawiczne”, oznaczoną w dalszej części pracy jako MPO, firmy Melvit S.A. (skład w % s.s.: skrobia 65,0; białko 13,4; tłuszcz 8,4, β -glukany 3,7). Płatki rozdrobniono w młynku laboratoryjnym Cyclotec 1093 firmy Foss Tecator, w którym zastosowano sito o wymiarze oczek 0,5 mm.

Zawartość skrobi w użytych surowcach oznaczono metodą polarymetryczną ICC Standard No 122, zawartość tłuszczu metodą Soxhleta zgodnie z PN-64/A-74039, zawartość białka metodą Kjeldahla według AOAC Official Method no 979.09, stosując przelicznik azotu na białko 6,25. Mineralizację i destylację prowadzono w aparatach Digestion Unit B-426 oraz Distillation Unit B-324 firmy Büchi. Zawartość β -glukanów oznaczono wg ICC Standard No 166.

3. Mleko spożywcze o zawartości 0,5% tłuszczu, oznaczone w dalszej części pracy jako 05, produkt ARO (skład w %: sucha substancja 9,1; białko 3,3; laktoza 4,8; tłuszcz 0,3),
4. Mleko o zawartości 3,2% tłuszczu, oznaczone w dalszej części pracy jako 32, produkt ARO (skład w %: sucha substancja 11,6, białko 3,2, laktoza 4,5, tłuszcz 3,2).

Analizę składu chemicznego mleka przeprowadzono w urządzeniu Foss Milkoscan FT 120 (Foss, Hillerod, Denmark).

Charakterystykę kleikowania 5% oraz 10% zawiesin RMO i MPO, odpowiednio w wodzie oraz mleku spożywczym (00, 05 i 32) wykonano w urządzeniu Micro Visco-Amylo-Graph firmy Brabender (Duisburg, Niemcy). Zastosowano następujący profil temperaturowy (PT): próbkę ogrzewano od temperatury 45°C do 95°C, po osiągnięciu temperatury 95°C próbka była w tej temperaturze przetrzymywana przez 10 minut, następnie chłodzono ją do temperatury 50°C, w której przetrzymywano ją przez kolejne 10 minut. Próbkę ogrzewano i chłodzono z szybkością 4,5°C na minutę, pojemnik pomiarowy obracał się z szybkością 75 obr·min⁻¹.

Przygotowanie żeli owsianych: żele owsiane (5 i 10%) sporządzono poprzez skleikowanie zawiesiny RMO lub MPO (odpowiednio 5 lub 10 g mąki uzupełnionej wodą lub mlekiem do łącznej masy 100 g), ogrzewając ją w zlewce umieszczonej wraz z mieszadłem mechanicznym we wrzącej łaźni wodnej. Zlewkę przykryto folią aluminiową, ilość obrotów mieszadła dobrano w ten sposób, by zapewnić równomierne rozprowadzenie mąki w całej objętości zlewki. Po skleikowaniu całość ogrzewano jeszcze przez 5 minut, a następnie gorący kleik rozlewano do plastikowych pojemników i poddawano schłodzeniu do temperatury pokojowej. Próbkę przechowywano przez 24 h w temperaturze 5°C. Następnie oznaczono profil tekstury otrzymanych żeli metodą TPA, posługując się teksturometrem TA-XT Plus (Stable Micro Systems Haselemere, Surrey, Anglia). W badaniach zastosowano próbnik walcowy P/35 o średnicy 35 mm. Próbkę poddawano dwukrotnemu ścisaniu z prędkością 1 mm·s⁻¹, do głębokości 10 mm, zachowując 5-sekundowe przerwy między suwami tłoka.

Obie analizy przeprowadzono w przynajmniej trzech powtórzeniach, dla każdego układu.

Ocenę statystyczną wyników wykonano wykorzystując program komputerowy Statistica (Statsoft Tulsa, USA). Analiza statystyczna obejmowała wyznaczenie średniej arytmetycznej oraz analizę wariancji dwuczynnikowej (rodzaj mąki oraz rodzaj mleka), istotność różnic pomiędzy średnimi wykazano, posługując się testem Duncana. Obliczenia wykonano przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzrost zainteresowania konsumentów żywnością łączącą w sobie wysoką wartość odżywczą z właściwościami prozdrowotnymi pozwala sądzić, iż coraz większą uwagę będą oni zwracać na przetwory owsiane (Gibiński 2008, Gambuś i in. 2011a i b). Wymagać to będzie wprowadzenia do sprzedaży coraz szerszej gamy wyrobów produkowanych w oparciu o ten surowiec. Poza propozycjami takich produktów jak produkty piekarsko-ciastkarskie (Różyło 2007, Gibiński i in., 2010, Gambuś i in. 2011a i b) mogą to też być mleczne wyroby fermentowane (Bekers i in. 2001, Mårtensson i in. 2001) lub desery (Berski i in. 2012). Dodatkowym atutem użycia mleka w komponowaniu produktów owsianych jest zwiększenie ich wartości odżywczej oraz zredukowanie niekorzystnego działania fitynianów. Kwas fitynowy zawarty w produktach spożywczych powoduje ograniczenie absorpcji wapnia (i innych mikrośladników) z przewodu pokarmowego, co może być przyczyną niedoborów tych pierwiastków w organizmie (Graf 1983). Klasycznym przykładem takiego postępowania jest przygotowywanie płatków owsianych z wykorzystaniem mleka. Użycie w tej pracy mleka różniącego się zawartością tłuszczu pozwoliło

dotatkowo na określenie wpływu jego tłuszczu na właściwości otrzymanych kleików i żeli. Zastosowanie mleka odtłuszczonego wydaje się być celowe, gdyż prowadzi to do obniżenia wartości energetycznej wyrobów.

W tak skomplikowanym układzie jakim jest żywność, na charakterystykę kleikowania skrobi wywierają wpływ liczne składniki i trudno jest jednoznacznie ocenić rolę każdego z nich w tym procesie (Zhou in. 1999d, 2000). Dodatkowo utrudnieniem stanowi zastąpienie tradycyjnego ośrodka, w którym dochodzi do kleikowania (czyli wody) – mlekiem, które różni się od wody składem chemicznym. O przydatności przetworów owsianych jako zagęstników decyduje ich zdolność do kleikowania w danym układzie dyspersyjnym (Zhou in. 1999a,b i d).

Największe różnice w składzie chemicznym ośrodków, w których doszło do kleikowania, dotyczą zawartości tłuszczu, a tym samym suchej substancji. W tabeli 1 zestawiono dane dotyczące kleikowania 5% i 10% zawiesin RMO i MPO w wodzie oraz mleku. Zastąpienie wody mlekiem doprowadziło do zmiany przebiegu charakterystyki kleikowania i do istotnych różnic w wartości mierzonych wskaźników lepkości.

W miarę wzrostu zawartości tłuszczu (a zarazem suchej substancji) w układzie zaobserwowano obniżenie temperatury kleikowania 5% zawiesin mąk, zarówno w przypadku resztkowej mąki owsianej (z 83,7°C do 66,8°C), jak i mąki powstałej ze zmielenia płatków (z 82,8°C do 65,4°C). Zakres temperatur kleikowania obu mąk w różnych ośrodkach był zbliżony. W przypadku 10% zawiesin mąk zaobserwowano również obniżenie temperatury kleikowania wraz ze wzrastającą ilością tłuszczu z 61,2 do 58,3°C zawiesin z RMO, i z 66,7 do 62,7°C w zawiesinach MPO. Przy większym stężeniu mąki zakres temperatury kleikowania był jednak znacznie węższy. Generalnie odnotowano istotnie mniejszą temperaturę kleikowania zawiesin mąk owsianych o dwukrotnie większym stężeniu, od zawiesin 5%, bowiem opór stawiany układowi pomiarowemu przez chłonną wodę i zwiększającą objętość składniki zawiesin był proporcjonalnie większy. Zjawisko obniżenia temperatury kleikowania można przypisać wzrastającemu objętościowemu stężeniu składników w układzie, przez co element pomiarowy wcześniej odnotował wzrost lepkości, czyli opór stawiany przez pęczniejące ziarenka skrobiowe i wiążące wodę β -glukany. Podawany w literaturze zakres temperatur kleikowania mąk pochodzących z 8 odmian owsa jest dość szeroki, gdyż zawiera się w przedziale 65,0-81,5°C (Zhou in. 1999a) oraz 68,1-88,4°C (Zhou i in. 1999d).

Zastąpienie wody mlekiem wywarło również wpływ na wartość wskaźników lepkości, zarówno 5% jak i 10% kleików mącznych (lepkość: maksymalną (B), w temperaturze 95°C (C), po przetrzymaniu w 95°C (D) czy po schłodzeniu (E i F) – obserwowano ich istotny wzrost wraz ze wzrastającą zawartością tłuszczu w kleikach 5%. Podobną zależność odnotowali Abu-Jdayil i in. (2004) oraz inni

badacze (Descamps i in. 1986, Vélez-Ruiz i in. 2005). Większość 5% kleików osiągnęła maksimum lepkości w dość wąskim zakresie temperatur, bliskich temperaturze maksymalnej (tab. 1), jedynie próbka RMO-32 osiągnęła ten punkt w nieznacznie, ale istotnie niższej temperaturze. W przypadku 10% kleików, wartość tego parametru generalnie uległa przesunięciu w kierunku niższych temperatur. Również w tym przypadku najniższą wartość zaobserwowano w przypadku próbki sporządzonej z mlekiem pełnotłustym (MPO-32). W badaniach prowadzonych przez australijskich badaczy (Zhou i in. 1999a i d) maksimum lepkości kleiki mączne osiągały pomiędzy 6,8 a 7,5 min pomiaru, co odpowiada temperaturze 90°C. Należy jednak pamiętać, iż zastosowano zupełnie inną metodykę pomiaru. Generalnie: dwukrotne zwiększenie stężenia zawiesin mąk (z 5% do 10%) spowodowało około 6 -krotny wzrost lepkości maksymalnej kleików RMO i MPO w wodzie i mleku 0,5 procentowym oraz około 4 -krotny wzrost lepkości zawiesin RMO i MPO w mleku pełnotłustym (tabela 1). W 10% kleikach nie zaobserwowano zatem tak wyraźnej zależności lepkości maksymalnej od zawartości tłuszczu w mleku, jak w 5% kleikach. Należy więc sądzić, że wpływ składu chemicznego obu badanych mąk był w tym przypadku większy niż zawartości tłuszczu w mleku.

W badaniach wcześniejszych, aby określić wpływ białek i β -glukanów na zdolność do kleikowania mąki owsianej, zastosowano odpowiednie enzymy hydrolizujące te składniki (Zhou i in. 2000). W badaniach tych wykazano znaczny wpływ β -glukanów na maksymalną lepkość kleików, natomiast wpływ białek był zdecydowanie mniejszy. Inne badania dotyczące wpływu zawartości β -glukanów na charakterystykę kleikowania (Zhang in. 1997, Colleoni-Sirghie i in. 2004,) potwierdziły wyniki wcześniejszych prac. Również w tej pracy zanotowano, że kleiki otrzymane z mąki MPO, zawierającej większą ilość β -glukanów, charakteryzowały się zdecydowanie większą lepkością po ochłodzeniu (parametr E i F) niż odpowiadające im kleiki RMO, niezależnie od zastosowanego stężenia zawiesiny (tab. 1).

Określenie wpływu lipidów zawartych w mące owsianej było już wcześniej przedmiotem badań (Zhou i in. 1999d). Zarówno ilość tłuszczu, jak i jego skład, wywarły znaczny wpływ na zdolność kleikowania, jednakże nie był on aż tak istotny, jak wpływ pozostałych składników mąki owsianej. Według cytowanych autorów, maksimum lepkości było skorelowane z zawartością suchej substancji oraz lipidów (Zhou i in. 1998, 1999b). W badaniach prezentowanych w tej pracy można stwierdzić, że lipidy (zarówno rodzime owsa, jak i pochodzące z mleka) wywierają bardzo istotny wpływ na lepkość maksymalną kleików obu badanych mąk owsianych, ale tylko przy niższym stężeniu 5%, natomiast przy stosowaniu dwukrotnie większego (10%) stężenia mąki, wpływ ten nie był już tak istotny, choć zarówno lepkość kleików z RMO i MPO była większa w obecności mleka tłustego (tab. 1).

Tabela 1. Parametry charakterystyki kleikowania 5% i 10% zawiesin mąk owsianych w wodzie i mleku o zróżnicowanej zawartości tłuszczu (0,5% i 3,2%) (Wartość średnia \pm odchylenie standardowe)
Table 1. Parameters of pasting characteristics of 5% and 10% water and milk suspensions of oat flour with different lipid content (0.5% and 3.2%). (Mean value \pm standard deviation)

Próbka – Sample	A (°C)	B (j.B.)	BT (°C)	C (j.B.)	D (j.B.)	E (j.B.)	F (j.B.)	BD (j.B.)	ED (j.B.)
RMO-00	83,7 ^d \pm 0,4	71,0 ^a \pm 1,4	94,9 ^a \pm 0,1	68,5 ^b \pm 0,7	62,5 ^a \pm 0,7	131,0 ^a \pm 2,8	111,5 ^a \pm 0,7	8,5 ^b \pm 0,7	68,5 ^a \pm 2,1
RMO-05	77,5 ^{cd} \pm 0,5	123,5 ^d \pm 0,7	94,8 ^a \pm 0,1	114,5 ^c \pm 0,7	95,5 ^d \pm 0,7	194,0 ^a \pm 1,4	148,5 ^b \pm 3,5	28,0 ^d \pm 1,4	98,5 ^b \pm 0,7
RMO-32	66,8 ^{ab} \pm 0,1	183,5 ^f \pm 2,1	93,7 ^b \pm 0,2	182,0 ^d \pm 2,8	160,0 ^e \pm 1,4	286,0 ^a \pm 1,4	214,0 ^e \pm 1,4	23,5 ^c \pm 0,7	126,0 ^c \pm 2,8
MPO-00	82,8 ^d \pm 0,5	82,5 ^b \pm 2,1	95,1 ^a \pm 0,1	52,0 ^a \pm 2,9	81,5 ^b \pm 0,7	157,5 ^b \pm 4,9	155,0 ^e \pm 0,0	1,0 ^a \pm 0,3	76,0 ^a \pm 4,2
MPO-05	73,2 ^{bc} \pm 1,2	97,0 ^c \pm 1,4	94,8 ^a \pm 0,0	71,5 ^b \pm 3,8	89,0 ^d \pm 2,8	219,0 ^d \pm 8,5	193,0 ^d \pm 2,8	8,0 ^b \pm 1,4	130,0 ^c \pm 9,3
MPO-32	65,4 ^a \pm 1,4	164,0 ^e \pm 1,4	95,1 ^a \pm 0,1	124,5 ^c \pm 4,9	163,0 ^e \pm 2,8	333,0 ^b \pm 2,8	268,5 ^f \pm 2,1	1,0 ^a \pm 0,4	170,0 ^d \pm 0,0
RMO-00	61,2 ^b \pm 0,1	419,5 ^a \pm 14,7	93,2 ^b \pm 0,5	400,0 ^a \pm 19,6	284,5 ^a \pm 3,5	699,0 ^a \pm 17,0	571,5 ^a \pm 0,7	135,0 ^{ab} \pm 11,2	416,0 ^a \pm 5,7
RMO-05	60,7 ^b \pm 0,8	680,5 ^b \pm 25,9	94,4 ^b \pm 1,3	662,0 ^b \pm 33,8	453,0 ^b \pm 5,7	931,5 ^b \pm 12,0	770,5 ^c \pm 7,8	228,0 ^c \pm 15,0	480,0 ^b \pm 4,2
RMO-32	58,3 ^a \pm 1,3	693,0 ^b \pm 26,9	92,7 ^{ab} \pm 0,8	661,5 ^b \pm 27,6	485,5 ^b \pm 23,3	962,5 ^b \pm 21,9	774,0 ^c \pm 7,1	207,5 ^{bc} \pm 3,5	471,5 ^b \pm 6,4
MPO-00	66,7 ^d \pm 0,4	481,0 ^a \pm 20,6	92,9 ^{ab} \pm 0,7	457,5 ^a \pm 21,7	308,5 ^a \pm 9,2	734,5 ^a \pm 15,4	631,5 ^b \pm 12,0	170,0 ^{abc} \pm 18,3	422,5 ^a \pm 17,7
MPO-05	63,3 ^c \pm 0,6	669,5 ^b \pm 16,3	93,2 ^b \pm 0,6	659,5 ^b \pm 23,3	522,5 ^c \pm 2,1	1072,5 ^c \pm 0,7	829,0 ^d \pm 25,5	148,5 ^{abc} \pm 20,5	541,0 ^c \pm 7,1
MPO-32	62,7 ^{bc} \pm 0,1	686,0 ^b \pm 20,9	90,9 ^a \pm 0,9	671,0 ^b \pm 1,4	583,5 ^d \pm 23,3	1177,0 ^d \pm 5,7	944,5 ^e \pm 14,8	98,5 ^a \pm 13,3	581,5 ^d \pm 7,8

Objaśnienia – Explanatory notes: *A – temperatura kleikowania, B – lepkość maksymalna, BT – lepkość w maksimum lepkości, C – lepkość w 96°C, D – lepkość po 10 minutach w 96°C, E – lepkość w 25°C, F – lepkość po 15 minutach w temperaturze 25°C, BD – spadek lepkości kleiku podczas przetwarzania w temperaturze 96°C, ED – wzrost lepkości kleiku po ochłodzeniu do 25°C – A – Pasting temperature, B – maximum viscosity, BT – temperature at maximum viscosity, C – viscosity at 96°C, D – viscosity after 10 min. at 96°C, E – viscosity at 25°C, F – viscosity after 15 min. at 25°C, BD – breakdown, ED set back.

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tym samym indeksem literowym (a-e) w zakresie poszczególnych stężeń mąki nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$ / Mean values in columns denoted with the same letter (a-e) within particular flour concentration are not statistically different at $\alpha = 0.05$.

Spadek lepkości kleików podczas przetrzymywania w wysokiej temperaturze (BD – break down) jest miarą odporności ziarenek skrobiowych na ekstremalne warunki (wysoka temperatura oraz działanie sił ścinających). Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, wartość tego parametru była zdecydowanie niższa w przypadku 5% kleików z MPO, niezależnie od ośrodka dyspersyjnego, co świadczy o ich wyższej stabilności termicznej, w porównaniu do kleików RMO. Fakt ten można tłumaczyć większą zawartością β -glukanów, które stabilizowały strukturę kleiku. W przypadku 10% kleików różnice nie są już aż tak wyraźne.

W tych badaniach nie zaobserwowano jednoznacznego wpływu udziału mleka na wartość parametru BD. W badaniach innych autorów można znaleźć informacje (Coronato i in. 2012), iż mleko zwiększa stabilność próbki. Zdenaturowane białka, zwłaszcza β -laktoglobulina, wiążą się z kazeiną, zwiększając stabilność termiczną miceli, co może w efekcie spowodować większą stabilność układów zawierających mleko.

Z kolei wzrost lepkości podczas chłodzenia kleiku (ED – set back) bywa przez niektórych autorów utożsamiany ze skłonnością skrobi do retrogradacji (MacArthur i D'Appolonia 1984). Jak można zauważyć z danych zawartych w tabeli 1, wartość tego parametru była zdecydowanie większa w przypadku kleików MPO z udziałem mleka, a także wzrastała wraz z zawartością tłuszczu w ośrodku dyspersyjnym. Obecność lipidów w skrobi zmniejsza jej tendencję do retrogradacji (Zhou i in. 1998), dlatego wartość wskaźnika ED podczas kleikowania obu mąk: RMO i MPO w wodzie była bardzo zbliżona (różnica nieistotna statystycznie – tab. 1). Tej zależności nie można jednak odnosić do zawartości tłuszczu dodanego, wraz z zastosowaniem mleka jako ośrodka dyspersyjnego. Na większy wzrost lepkości kleików z mąki MPO mogła mieć również wpływ większa zawartość w niej β -glukanów o większej masie cząsteczkowej, które podobnie jak pentozany, mogły zwiększyć lepkość kleików poprzez tworzenie wiązań sieciujących z łańcuchami amylozy i amylopektyny, uwolnionych z ziarenek skrobiowych podczas procesu kleikowania (Kim i D'Appolonia 1977). Jeżeli jednak przedstawić wielkość ED jako procent wartości E, to w przypadku kleików RMO stosunek ten zmniejsza się wraz ze wzrastającą ilością tłuszczu, natomiast w przypadku kleików MPO taką zależność zaobserwowano tylko w przypadku 10% kleików.

Wybór ośrodka, w jakim dochodzi do kleikowania skrobi, wywiera istotny wpływ na właściwości otrzymanego kleiku (Matser i Steeneken, 1997, Abu-Jdayil i in. 2004, Tárrega i in. 2005). Zastąpienie wody mlekiem spowodowało zwiększenie lepkości kleiku, co przypisuje się większej sztywności cząsteczek skrobi w obecności mleka (Abu-Jdayil i in. 2004). Podobne zjawisko zaobserwowali też inni autorzy (Matser i Steeneken 1997, Tárrega i in. 2005, Noisuwan i in. 2008.). Zwiększająca się zawartość tłuszczu mlecznego przyczyniła się do wzrostu lepkości pozornej kleików. Efekt ten cytowani autorzy przypisują oddziaływaniu prze-

strzennemu cząstek tłuszczu. Poza interakcjami między składnikami, zwiększenie zawartości tłuszczu zmniejsza odległości między cząsteczkami, co z kolei przekłada się na większą gęstość próbki (Vélez-Ruiz i in. 1997). Jednakże trójwymiarowa struktura kleików w miarę wzrostu naprężenia ścinającego ulegała niszczeniu, co spowodowało spadek lepkości tych układów, mimo obecności cząsteczek tłuszczu (Abu-Jdayil i in. 2004, Tárrega i in. 2005).

Wyniki oznaczania profilu tekstury 5% i 10% żeli, sporządzonych z mąki owsianej resztkowej oraz mąki ze zmielonych płatków, zamieszczono w tabeli 2. Żele 10% charakteryzowały się znacznie większą twardością niż te sporządzone z 5% kleików mąk owsianych. Zmiana zawartości tłuszczu w ośrodku użytym do kleikowania wywarła niewielki wpływ na teksturę 5% żeli mącznych.

Tabela 2. Wyniki pomiaru cech tekstury 5% i 10% żeli owsianych wodnych i mlecznych o zróżnicowanej zawartości tłuszczu (0,5% i 3,2%) (Wartość średnia \pm odchylenie standardowe)

Table 2. Texture profile parameters of 5% and 10% gels prepared with water and milk with different lipid level (0.5% and 3.2%) (Mean value \pm standard deviation)

Próbka Sample	Twardość Hardness (N)	Przylepność Adhesiveness (g·s)	Sprężystość Springiness (-)	Spójność Cohesiveness (-)
5%				
RMO-00	1,26 ^b \pm 0,03	-44,94 ^c \pm 0,39	0,96 ^b \pm 0,00	0,56 ^b \pm 0,01
RMO-05	2,01 ^c \pm 0,02	-73,87 ^d \pm 1,58	0,96 ^b \pm 0,01	0,59 ^{bc} \pm 0,03
RMO-32	1,20 ^a \pm 0,04	-37,48 ^b \pm 0,58	0,92 ^a \pm 0,02	0,55 ^b \pm 0,03
MPO-00	1,24 ^{ab} \pm 0,03	-40,76 ^{bc} \pm 0,88	0,97 ^b \pm 0,00	0,58 ^{bc} \pm 0,01
MPO-05	1,20 ^a \pm 0,02	-28,75 ^a \pm 0,49	0,96 ^b \pm 0,01	0,60 ^c \pm 0,00
MPO-32	1,21 ^{ab} \pm 0,02	-37,86 ^b \pm 0,45	0,92 ^a \pm 0,02	0,50 ^a \pm 0,01
10%				
RMO-00	11,28 ^a \pm 0,64	-36,84 ^a \pm 0,37	0,94 ^{ab} \pm 0,00	0,46 ^a \pm 0,01
RMO-05	14,56 ^b \pm 1,02	-84,03 ^{ab} \pm 1,88	0,96 ^{ab} \pm 0,01	0,67 ^d \pm 0,00
RMO-32	15,02 ^b \pm 0,97	-87,29 ^{ab} \pm 1,29	0,95 ^{ab} \pm 0,00	0,64 ^d \pm 0,01
MPO-00	12,30 ^a \pm 0,73	-198,7 ^c \pm 4,20	1,00 ^b \pm 0,05	0,50 ^{ab} \pm 0,03
MPO-05	14,38 ^b \pm 0,86	-172,4 ^{bc} \pm 3,43	0,81 ^b \pm 0,06	0,53 ^{bc} \pm 0,00
MPO-32	17,10 ^c \pm 0,44	-666,0 ^d \pm 7,88	0,96 ^{ab} \pm 0,01	0,57 ^c \pm 0,03

Wartości średnie w kolumnach, oznaczone tym samym indeksem literowym (a-d) w obrębie poszczególnych stężeń mąki nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$ – Mean values in columns, within particular flour concentration, denoted with the same letter (a-d) are not statistically different ($\alpha = 0.05$).

Największą twardość 5% żeli z RMO zarejestrowano w przypadku żelu z udziałem odtłuszczonego mleka, natomiast spośród żeli z MPO zaobserwowano największą twardość żelu wodnego, jednakże w tym przypadku obserwowane różnice w twardości nie były istotne statystycznie. W przypadku 10% żeli zaobserwowano wzrost twardości, wraz z rosnącą zawartością tłuszczu w mleku. Ponadto żele z MPO z udziałem mleka pełnego charakteryzowały się istotnie większą twardością od żeli z RMO sporządzonych z udziałem tego samego mleka, zatem ilość dodanego tłuszczu wraz z mlekiem wywarła mniejszy wpływ na ten parametr (tab. 2), niż składniki zawarte w obu mąkach.

W pomiarach adhezyjności 5% żeli również nie zaobserwowano jednoznacznej tendencji. W przypadku 5% prób sporządzonych z wodą i pełnotłustym mlekiem wartość tego parametru była bardzo zbliżona i niezależna od pochodzenia mąki (tab. 2). Jednakże w przypadku zastąpienia wody mlekiem odtłuszczonym (0,5% tłuszczu) wartość tego parametru wzrastała (żel RMO) lub też malała (żel MPO). Z kolei badając 10% żele z RMO, nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic w ich przylepności po zastąpieniu wody mlekiem, a w przypadku żeli MPO różnica pojawiła się dopiero w przypadku mleka o zawartości tłuszczu 3,2%. Była to też największa obserwowana wartość (tab. 2). Nie zaobserwowano także wyraźnego wpływu zastosowanego ośrodka dyspersyjnego na spójność badanych żeli, niezależnie od ich stężenia.

Zarówno 5%, jak i 10% wodne żele charakteryzowały się zbliżoną sprężystością. W przypadku 5% żeli zastąpienie wody mlekiem o zawartości 3,2% tłuszczu doprowadziło do zmniejszenia wartości tego parametru, natomiast sprężystość żeli z mlekiem odtłuszczonym, nie różniła się istotnie od sprężystości żeli wodnych. Z kolei badając 10% żele, nie obserwowano żadnych statystycznie istotnych zmian w wielkości sprężystości, po zastąpieniu wody mlekiem.

Największą wartością spójności charakteryzowały się żele sporządzone z mleka odtłuszczonego, jednak pewnym odstępstwem od tej reguły był 10% żel z MPO (tab. 2).

Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań, zdecydowanie można uznać resztkową mąkę owsianą za porównywalny zagęstnik z mąką owsianą, uzyskaną ze zmielonych płatków owsianych, biorąc pod uwagę zarówno lepkość maksymalną kleików w temperaturze powyżej 90°C, jak i po ochłodzeniu do temperatury 50°C, niezależnie od użytego ośrodka dyspersyjnego: wody, mleka odtłuszczonego czy mleka pełnotłustego. Parametry tekstury badanych żeli mącznych z obu stosowanych mąk, przy tym samym stężeniu (5% lub 10%), bardziej zależały od użytego ośrodka dyspersyjnego niż od rodzaju mąki. Wydaje się więc, że z powodzeniem można zagospodarować produkt uboczny po uzyskaniu koncentratu β -glukanów, jakim jest tzw. resztkowa mąka owsiana, do produkcji deserów mlecznych, ze względu na udokumentowaną wartość odżywczą mąki owsianej.

Resztkowa mąka owsiana jest uzyskiwana w ilości 10-ciokrotnie większej niż produkt główny – tj. preparat błonnikowy „BETA VEN”.

WNIOSKI

1. Zastąpienie wody mlekiem spowodowało zmianę przebiegu charakterystyki kleikowania obu badanych mąk owsianych: resztkowej i otrzymanej ze zmielenia płatków owsianych. Wzrost zawartości tłuszczu, a zarazem suchej masy, doprowadził do obniżenia temperatury kleikowania oraz wzrostu wszystkich oznaczanych wskaźników lepkości badanych mącznych kleików owsianych.

2. Dwukrotne zwiększenie stężenia zawiesin mącznych (z 5% do 10%) spowodowało kilkakrotny wzrost lepkości maksymalnej otrzymanych z nich kleików, niezależny od zawartości tłuszczu w mleku.

3. Nie zaobserwowano istotnych różnic w twardości 5% żeli mącznych, niezależnie od rodzaju mąki i użytego ośrodka dyspersyjnego (woda lub mleko) i zawartości tłuszczu w mleku.

4. Istotnie większą twardością odznaczały się 10% żele sporządzone z MPO, w odniesieniu do żeli z RMO o tym samym stężeniu, przy czym twardość ta zależała od ośrodka dyspersyjnego i była największa w przypadku żeli sporządzonych z udziałem mleka pełnotłustego.

5. Zanotowano istotnie większą przylepność badanych żeli sporządzonych z 10% zawiesin mącznych MPO niż RMO, przy czym niezależnie od rodzaju użytej mąki, żele mleczne wykazywały większą przylepność – bardziej istotną wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu w mleku.

6. Nie zaobserwowano wyraźnego wpływu zastosowanego ośrodka dyspersyjnego na sprężystość i spójność badanych żeli, niezależnie od stężenia żelu.

PIŚMIENICTWO

- Abu-Jdayil B., Mohameed H.A., Eassa A., 2004. Rheology of wheat starch–milk–sugar systems: effect of starch concentration, sugar type and concentration, and milk fat content. *Journal of Food Engineering*, 64, 207-212.
- AOAC, 2006. *Official Methods of Analysis*, 18th ed., AOAC, Washington DC, USA.
- Banaś A., Dahlqvist A., Dębski H., Gummeson P.-O., Stymme S., 2000. Accumulation of storage products in oat during kernel development. *Biochemical Society Transactions*, 28, 705-707.
- Bartnikowska E., 2003. Chleb i przetwory zbożowe w modelach optymalnego żywienia. *Przegl. Piek. Cuk.*, 3, 2-4.
- Bartnikowska E., 2003. Przetwory z ziarna owsa jako źródło ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. *Biuletyn IHAR*, 229, 235-245.
- Bekers M., Marauska M., Laukevics J., Grube M., Vīgants A., Karklina D., Viesturs U., 2001. Oats and Fat-Free Milk Based Functional Food Product. *Food Biotechnology*, 15, 1-12.

- Berski W., Gambuś H., Nowotna A., 2012. Próba wykorzystania maki owsianej resztkowej do otrzymania deseru typu budyniowego. Materiały Piątej Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej z cyklu „Owies – Hodowla, Uprawa i Wykorzystanie”, Kraków, 13-14.
- Butt M., Tahir-Nadeem M., Khan M., Shabir, R., Butt M., 2008. Oat: unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, 47, 68-79.
- Colleoni-Sirghie M., Jannink J.-L., White P. J., 2004. Pasting and Thermal Properties of Flours from Oat Lines with High and Typical Amounts of β -Glucan. *Cereal Chemistry*, 81, 686-692.
- Coronato R., Biasutti E. A. R., Carvalho C. W. P., Grossmann M. V. E., 2012. Gellan gum/cassava starch mixtures in water systems and in milk systems. *Starch - Stärke*, 64, 359-366.
- Descamps O., Langevin P., Combs D. H., 1986. Physical effect of starch/carrageenan interactions in water and milk. *Food Technology*, 40, 81-86,88.
- Gambuś H., Gibiński M., Pastuszka D., Mickowska B., Ziobro R., Witkiewicz R., 2011b. The application of residual oats flour in bread production in order to improve its quality and biological value of protein. *Acta Scientiarum Polonorum*, 10, 317-325
- Gambuś H., Pisulewska E., Gambuś F., 2003. Zastosowanie produktów przemiału owsa nieoplewionego do wypieku chleba. *Biuletyn IHAR*, 229, 283-290.
- Gambuś H., Zięć G., Gibiński M., Pastuszka D., Nowakowski K., 2011a. Wykorzystanie resztkowej mąki owsianej do wypieku chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 566, 49-60.
- Gąsiorowski H., 1995. Owies. *Chemia i technologia*. Poznań: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Gibiński M., 2008. B-glukany owsa jako składnik żywności funkcjonalnej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 57, 15-29.
- Gibiński M., Gambuś H., Nowakowski K., Mickowska B., Pastuszka D., Augustyn G., Sabat R., 2010. Wykorzystanie mąki owsianej - produktu ubocznego przy produkcji koncentratu z owsa - w piekarstwie. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 70, 56-75.
- Gibiński M., Pisulewski P., Achremowicz B., 1999. Możliwości wykorzystania owsa jako surowca do otrzymywania substytutów tłuszczowych. *Żywność, Technologia, Jakość*, 18, 205-213.
- Graf E., 1983. Calcium binding to phytic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31, 851-855.
- ICC, 1995. *Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC)*. ICC Vienna, Austria.
- Kim S.K., D'Appolonia B.L., 1977. Bread staling studies. III. Effect of pentosans on dough, bread, and bread staling rate. *Cereal Chemistry* 54, 225-233.
- Lange E., 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 3 (70), 7-24.
- MacArthur L.A., D'Appolonia B.L., 1984 Gamma radiation of wheat. II. Effect of low-dosage radiation on starch properties. *Cereal Chemistry*, 61, 321-326.
- Mårtensson O., Andersson C., Andersson K., Öste R., Holst, O., 2001. Formulation of an oat-based fermented product and its comparison with yoghurt. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1314-1321.
- Matser A.M., Steeneken P.A.M., 1997. Rheological properties of highly cross-linked waxy maize starch in aqueous suspensions of skim milk components. Effects of the concentration of starch and skim milk components. *Carbohydrate Polymers*, 32, 297-305.
- Noisuwan A., Bronlund J., Wilkinson B., Hemar Y., 2008. Effect of milk protein products on the rheological and thermal (DSC) properties of normal rice starch and waxy rice starch. *8th International Hydrocolloids Conference*, 22(1), 174-183.
- Peterson D.M., 2001. Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 33, 115-129.

- Peterson D. M., Wood, D. F., 1997. Composition and structure of high-oil oat. *Journal of Cereal Science*, 26, 121-128.
- PN-64/A-74039 Przetwory zbożowe – Oznaczenie tłuszczu.
- Różyło R., 2007. Zmiany cech tekstury miększu chleba psennego pod wpływem dodatku produktów z owsa. *Acta Agrophysica*, 10, 667-676.
- Tárrega A., Vélez-Ruiz J. F., Costell E., 2005. Influence of milk on the rheological behaviour of cross-linked waxy maize and tapioca starch dispersions. *Food Research International*, 38, 759-768.
- Thomas K., Ingledew W., 1995. Production of fuel alcohol from oats by fermentation. *Journal of Industrial Microbiology*, 15, 125-130.
- Vélez-Ruiz J. F., Barbosa Cánovas G. V., Peleg M., 1997. Rheological properties of selected dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 311-359.
- Vélez-Ruiz J. F., González-Tomás L., Costell E., 2005. Rheology of dairy custard model systems: Influence of milk -fat and hydrocolloid type. *European Food Research and Technology*, 221, 342-347.
- Zhang D., Doehlert D. C., Moore, W. R., 1997. Factors Affecting Viscosity of Slurries of Oat Groat Flours. *Cereal Chemistry*, 74, 722-726.
- Zhou M. X., Glennie-Holmes M., Roberts G. L., Robards K., Helliwell S., 1999b. The effect of growing sites on grain quality of oats and pasting properties of oatmeals. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 1409-1416.
- Zhou M., Glennie-Holmes M., Robards K., Helliwell S., 1999a. Effects of processing and short-term storage on the pasting characteristics of slurries made from raw and rolled oats. *Food Australia*, 51, 251-258.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S., 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry*, 75, 273-281.
- Zhou Meixue, Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S., 1999c. Oat lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 159-169.
- Zhou Meixue, Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S., 1999d. Effects of oat lipids on groat meal pasting properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 585-592.
- Zhou Meixue, Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S., 2000. Effects of enzyme treatment and processing on pasting and thermal properties of oats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1486-1494.

PASTING CHARACTERISTICS OF WATER AND MILK BASED
SUSPENSIONS OF OAT FLOUR AND SELECTED TEXTURE
PARAMETERS OF GELS OBTAINED FROM THEM

Wiktor Berski, Halina Gambuś

Department of Carbohydrate Technology, Faculty of Food Technology
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: wberski@ar.krakow.pl

Abstract. Among cereals cultivated in Poland oat is characterised by a composition that is quite beneficial from the nutritional point of view composition (highest lipid, mineral compounds and especially dietary fibre content). Moreover, contrary to other cereals, all these compounds are more uniformly distributed through the kernel. But, unfortunately, despite those advantages, oat kernels are not consumed on any wide scale in Poland. The aim of the present research was to

evaluate a possible use of oat flour (remnants from the production of β -glucans preparation "BETAVERN") as a food thickener or as a base of milk based desserts. As reference material flour from ground rolled oats was used. Pasting profile (5% and 10% suspensions) of both products was measured by means of the Brabender Micro Visco-Amylo-Graph, and the texture profile analysis (TPA) of 5% and 10% oat gels was determined using the TA-Xt Plus texturometer. Both flours were suspended in water and in low- and full fat milk. Replacement of water by milk resulted in a decrease in pasting temperature and an increase of all investigated viscosity parameters. No clear influence of the medium on texture of 5% gels was observed, but hardness of 10% gels depended on the medium and on milk lipid content. Milk gels were characterised by higher adhesiveness than water based gels, which was closely related to the level of milk lipids. No clear influence of applied medium on springiness and cohesiveness of the investigated gels was observed, irrespective of gel concentration.

Key words: oat products, pasting, viscosity, gel texture