

ADAM P. KUCZYŃSKI, BOHDAN ACHREMOWICZ, CZESŁAW PUCHALSKI

## PORÓWNANIE LEPKOŚCI POZORNEJ KLEIKÓW OTRZYMANÝCH Z BŁYSKAWICZNYCH PŁATEKÓW ZBOŻOWÝCH

### Streszczenie

Badano charakterystykę kleikowania wodnych mieszanin przygotowanych z ześrutowanych błyskawicznych płatek z czterech zbóż, o różnej ich zawartości w wodzie. Stwierdzono znaczne różnice pod względem lepkości pozornej kleików. Wskazano, że czynnikami różnicującymi lepkość były: pochodzenie skrobi w płatkach, zróżnicowana jej zawartość, zabiegi hydrotermiczne i płatkowanie, interakcje z głównymi składnikami chemicznymi tworzącymi matrycę komórek ziarna zbóż. Wyznaczono liniowe zależności pomiędzy lepkością maksymalną kleików a zawartością płatek w mieszaninie wodnej. Zależności ułatwią porównanie lepkości kleików skrobiowych lub pomogą w doborze zawartości surowca skrobiowego w produktach spożywczych, w których płatki zastępują zagęstniki skrobiowe.

Stwierdzono, że kleiki z płatek jęczmiennych charakteryzowały się największą lepkością, a płatki – największą zawartością  $\beta$ -glukanów (3,79 %), dużą zawartością skrobi (58,3 %), znacznymi ilościami białka (8,04 %), małą zawartością błonnika pokarmowego (7,18 %), lecz o znacznym udziale jego frakcji rozpuszczalnej (4,13 %). Płatki pszenne wykazywały najmniejszą lepkość podczas kleikowania, ale zawierały najwięcej białka (9,36 %), dużo nierozpuszczalnego błonnika (7,92 %) i prawie nie zawierały  $\beta$ -glukanów (0,11 %). Kleiki z płatek żytnich cechowała stosunkowo mała lepkość, pomimo że płatki zawierały najwięcej skrobi (66,1 %), której towarzyszyła największa zawartość błonnika (13,09 %), największa zawartość jego frakcji nierozpuszczalnej (8,84 %), a przeciętna zawartość  $\beta$ -glukanów (1,62 %) i najmniejsza zawartość białka (4,30 %). Kleiki z płatek owsianych miały stosunkowo małą lepkość, a płatki zawierały: najmniej skrobi (50,8 %), najwięcej tłuszczu (6,47 %), stosunkowo dużo białka (8,50 %) i  $\beta$ -glukanów (3,23 %) oraz przeciętnie – błonnika (8,20 %).

Opracowane warunki porównawczych badań lepkości kleików z płatek zbożowych można zastosować w projektowaniu funkcjonalnych produktów żywnościowych, w których środki zagęszczające na bazie skrobi mogą być zastąpione przez płatki zbożowe.

**Słowa kluczowe:** owies, jęczmień, żyto, pszenica, białko, błonnik,  $\beta$ -glukany, lepkość pozorna

## Wprowadzenie

Płatki błyskawiczne produkowane są z oczyszczonego, całego ziarna zbóż, które poddaje się procesowi obróbki hydrotermicznej i płatkowaniu. Płatki zasobne są w wartościowe i dobrze przyswajalne składniki odżywcze i dietetyczne [1]. Są one wolno trawione, usprawniają procesy trawienia, wpływają na długo trwające uczucie sytości i mają znaczący udział w oczyszczaniu organizmu z toksyn [3, 14].

Skrobia jest głównym składnikiem ziarna, a przebieg procesu kleikowania produktów zbożowych, ważny w technologii żywności, zależy od jej rodzaju. Skrobia pochodząca z ziarniaków zbóż wykazuje różne właściwości żelujące. Zmieniają się one w procesie wyodrębniania, oczyszczania, przetwarzania, a następnie przechowywania [6, 14, 17].

Skrobia wykorzystywana jest często jako zagęstnik wielu produktów spożywczych [6]. Różnice w kleikowaniu zawiesin skrobi, a zwłaszcza zmiany lepkości w fazie ogrzewania i chłodzenia kleików, mogą warunkować możliwości wykorzystania surowca, który zawiera skrobię [5, 7]. Rozpatrując skrobię zawartą w błyskawicznych płatkach zbożowych jako zagęstnik, należy uwzględnić jej modyfikację parą wodną i wysoką temperaturą podczas procesu płatkowania, a także interakcje ziarenek skrobiowych ze złożoną matrycą komórkową bogatą w tłuszcze, białka oraz błonnik, w tym pentozany i  $\beta$ -glukany, a nawet udział enzymów w zmianie żelowania skrobi w półproduktach i w produkcie finalnym [15].

Producenci stosują płatki owsiane jako dodatek funkcjonalny w wyrobach piekarskich i ciastkarskich oraz jako zagęstnik w produktach typu „gorący kubek”. Płatki błyskawiczne z innych gatunków zbóż nie znajdują podobnego zastosowania [18, 20]. Dominują raczej dodatki mąki pszennej lub skrobi modyfikowanych z różnych surowców, które charakteryzują się zwiększoną siłą kleikowania i żelowania w stosunku do płatków [10, 11].

Celem pracy było porównanie charakterystyki kleikowania wodnych mieszanin ześrutowanych błyskawicznych płatków z czterech zbóż, o różnych ich zawartościach w kleikach, oraz określenie podstawowych składników chemicznych, które są środowiskiem kleikującym w płatkach.

## Material i metody badań

Materiałem do badań były błyskawiczne płatki jęczmienne, owsiane, żytnie i pszenne, wyprodukowane z wykorzystaniem jednej zautomatyzowanej linii wielkoprzemysłowej, z ziarna pochodzącego ze ściśle kontrolowanej uprawy wielohektarowej i wybranych do tej technologii polskich odmian (informacje zastrzeżone przez producenta).

W badaniach lepkości wodnych kleików skrobiowych stosuje się często wiskograf z naczyniem obrotowym, w którym proces analizy zaczyna się wzrostem temperatury od  $25 \div 45$  °C do  $92 \div 96$  °C, utrzymaniem temperatury przez  $5 \div 20$  min i kończy schładzaniem najczęściej do temperatury rozpoczęcia ogrzewania, utrzymywanej przez  $5 \div 20$  min. Tak różne warunki prowadzenia analizy dostarczają informacji o cechach skrobi natywnych i modyfikowanych, np. o temperaturze kleikowania czy o warunkach retrogradacji [4, 16]. Stężenia skrobi dobierane są do badań zgodnie z zakresem skali pomiarowej wiskografu i są ustalane, gdy celem jest porównanie próbek, np. przy skrobi natywnej jest to nie więcej niż 8 % (m/m). W tych badaniach wybrano schemat czasowo-temperaturowy analizy, który zbliżony jest do schematów technologicznych użycia zagęstników w przetwórstwie, a także stosowany jest do badania produktów znacznie różniących się lepkością lub zawartością skrobi. W metodzie tej skrócono czas stabilizacji temperatury.

Kleikowanie badano aparatem Viscograph-E Brabender (Brabender Technologie GmbH & Co. KG, Niemcy), w naczyniu obrotowym o pojemności 500 cm<sup>3</sup>, przy 75 obr./min. Płatki śrutowano w młynku LAB MILL 3100 (Perten Ins., Niemcy). Parametry kleikowania określano w wodnej zawieszynie płatków o ich zawartości: 10, 11 i 12 %. Do przygotowania zawiesin używano wody destylowanej. Lepkość zawiesin, w umownych jednostkach lepkości pozornej Brabendera (BU), oznaczano w 75-minutowych cyklach, podczas zwiększania lub obniżania temperatury od 55 do 95 °C z szybkością 0,9 °C/min, utrzymywania temperatury przez 5 min i schładzania do 55 °C. W cyklu oznaczano maksimum lepkości po ogrzaniu – punkt A, a następnie obniżenie lepkości podczas stabilizacji temperatury – punkt B i lepkość kleików po ochłodzeniu – punkt C. Zarejestrowane wiskogramy przeniesiono do programu Excel, porównano między sobą, wyznaczono zależności i przedstawiono graficznie.

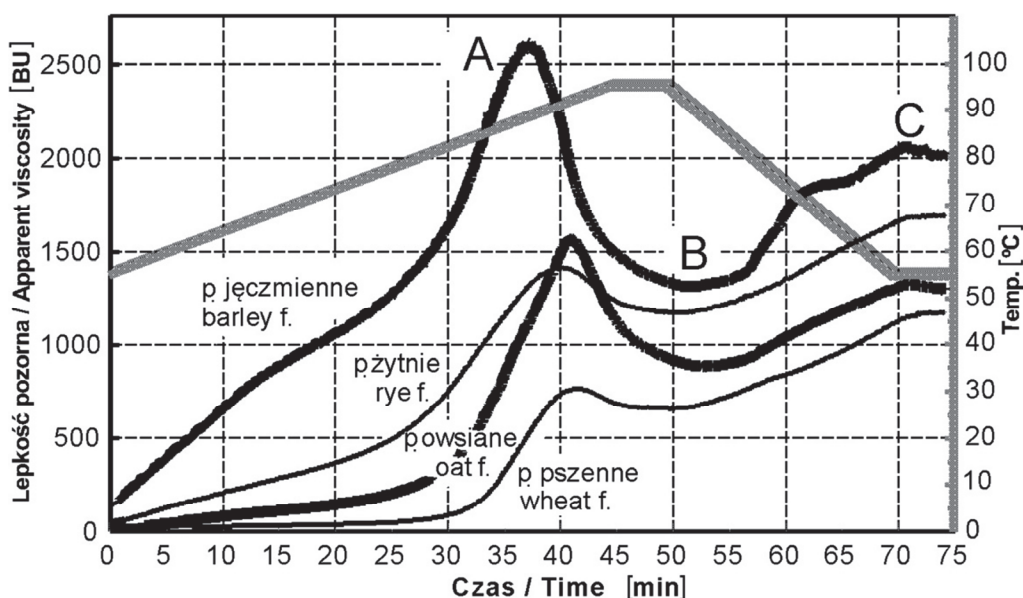
W płatkach oznaczano zawartość: skrobi (AOAC 996.11), błonnika pokarmowego (AOAC 991.43) i  $\beta$ -glukanów (AOAC995.16) [2]. Oznaczano także zawartość: białka ogółem wg PN-EN ISO 2048:2007 [13], tłuszczu metodą ekstrakcji Randalla wg PN-EN ISO 11085:2010 [21] oraz wilgotność wg PN-EN ISO 712:2009 [22]. Zawartość popiołu oznaczano wg ICC-Standard No. 104/1 [9]. Przed wykonaniem oznaczeń chemicznych płatki rozdrabniano w młynku Cyclotec 1093 do uzyskania cząstek o średnicach 0,5 mm (Foss Food Tech. Corp, USA).

Wyniki z 2 - 3 powtórzeń opracowano statystycznie w programie Statgraphics v.15, przy poziomie istotności  $p = 0,05$ , stosując jednoczynnikową analizę wariancji i test Duncana.

## Wyniki i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono typowe krzywe kleikowania (wiskogramy) ześrutowanych błyskawicznych płatków z 4 zbóż, przy ich 11-procentowej zawartości w wodzie

(rys. 1). Wzrost lepkości kleików podczas ogrzewania spowodowany jest wzrastającą absorpcją wody przez ziarenka skrobiowe z matrycy komórkowej płatków zbożowych, w której są umieszczone i pęcznieniem ziarenek skrobiowych, a więc rozpoczętym procesem kleikowania skrobi [8, 12]. Zaobserwowano, że wiskogramy kleików z płatków tego samego rodzaju, niezależnie od ich zawartości, nie różniły się kształtem. W przypadku kleików z różnych płatków, przy 12-procentowej ich zawartości, osiągały maksymalny liniowy zakres (BU) skali wiskografu, a przy zawartości 10 %, gdy lepkość była najmniejsza – bardzo dobrą dokładność oznaczenia. Tym samym stwierdzono, że wiskograf nadaje się do badania kleikowania płatków z czterech zbóż o zawartości 10, 11 i 12 % w wodnych mieszaninach, a także do ich porównań, pomimo znacznych różnic pod względem lepkości i zawartości skrobi.



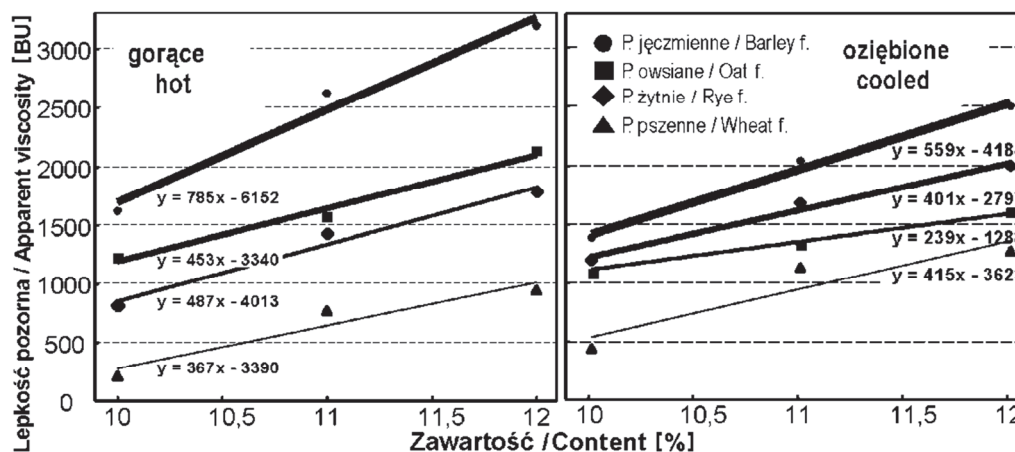
p. – płatki / f. – flakes

Rys. 1. Zmiany lepkości pozornej 11-procentowych wodnych mieszanin ześrutowanych płatków zbożowych w przyjętym schemacie ogrzewania i ochładzania – 0,9 °C/min. Szarym kolorem zaznaczono profil zmian temperatury.

Fig. 1. Changes in apparent viscosity of 11 % aqueous mixtures of ground cereal flakes under assumed warming and cooling scheme: 0.9 °C/min. Profile of changes in temperature was marked grey.

Podczas ogrzewania do temp. 95 °C wszystkie kleiki osiągnęły maksymalną lepkość w punkcie A (rys. 1), tj. w temp.  $86 \div 92$  °C. W przypadku próbek o 11-procentowej zawartości płatków największą lepkość (2622 BU) stwierdzono w kleikach z płatków jęczmiennych w temp. 89 °C, czyli niższej niż w pozostałych

kleikach. Natomiast kleik z płatków pszennych charakteryzował się najmniejszą maksymalną lepkością (767 BU) w temp. 92 °C. Kleiki owsiane i żytni były zbliżone do siebie pod względem maksymalnej lepkości, która wynosiła odpowiednio: 1568 BU (92 °C) i 1450 BU (91 °C). Dalszy wzrost temperatury kleików z płatków jęczmiennych i owsianych prowadził do gwałtownego i znacznego zmniejszenia lepkości, natomiast utrzymywanie kleików przez 5 min w temp. 95 °C – do łagodnego zmniejszenia lepkości wszystkich badanych kleików. Dopiero oziębianie kleików wstrzymywało zmniejszanie lepkości w minimum lepkości – punkt B i zwiększało lepkość w fazie dalszego chłodzenia do 55 °C, osiągając kolejne maksimum – punkt C. W kleikach z płatków jęczmiennych stwierdzono największą lepkość po ochłodzeniu (1997 BU). Lepkość kleiku z tych płatków zmalała w stosunku do punktu A, lecz wciąż była największa spośród badanych próbek. Również po ochłodzeniu kleików owsianych ich lepkość w punkcie C (1250 BU) zmniejszyła się w stosunku do punktu A. Natomiast kleiki ze schłodzonych płatków żytnich (1695 BU), a także z pszennych (1175 BU) w punkcie C wykazywały większą lepkość w stosunku do punktu A. Lepkość kleików pszennych była najmniejsza wśród badanych próbek, zarówno maksymalna w okresie ogrzewania, jak i po ochłodzeniu.



Rys. 2. Zmiany maksymalnej lepkości kleikowania w zależności od zawartości ześrutowanych płatków zbożowych w mieszaninach

Fig. 2. Changes in maximum gelatinization viscosity depending on content of ground cereal flakes in mixtures

Podczas oceny lepkości kleików skrobiowych określa się również czas i temperaturę, w której rozpoczyna się kleikowanie. Szybki wzrost lepkości bezpośrednio po rozpoczęciu pomiaru od temp. 55 °C wskazuje na to, że płatki jęczmiennie i żyt-

nie kleikują już w niższych temperaturach niż owsiane oraz pszenne i jest to cechą gatunkową ich skrobi.

Do praktycznych zastosowań płatków zbożowych wyznaczano trzy parametry lepkości z opracowanego cyklu czasowo-temperaturowego. Były to lepkości: maksymalna podczas kleikowania – punkt A, minimalna przy utrzymaniu stałej temperatury (95 °C) – punkt B i maksymalna po ochłodzeniu – punkt C. Lepkość gorących kleików z płatków zbożowych, jak i oziębionych, można regulować, zmieniając zawartość płatków w mieszaninie. Można wtedy uzyskiwać kleiki o lepkości równoważnej kleikom z natywnej skrobi. Do tych celów przydatna jest zależność lepkości pozornej kleików od zawartości płatków w mieszaninach (rys. 2). Zmiany okazały się znacząco zróżnicowane.

Ze wzrostem zawartości płatków jęczmiennych w mieszaninach, przyrosty lepkości w maksimum lepkości (kleiki gorące – punkt A) były największe (785 BU/1 %), a najmniejsze dotyczyły kleików pszennych (376 BU/1 %). Pośrednie i zbliżone do siebie były przyrosty lepkości kleików płatków pszennych i owsianych, odpowiednio: 487 i 453 BU/1 %. Po schłodzeniu (w punkcie C) lepkość kleików była tym większa, im większa była zawartość płatków. W największym stopniu zjawisko to dotyczyło płatków jęczmiennych (559 BU/1 %), a w najmniejszym – owsianych (239 BU/1 %), natomiast na zbliżonym poziomie – żytnich (401 BU/1 %) oraz pszennych (415 BU/1 %). Uzyskano liniowe zależności (rys. 2) do przydatnych w praktyce porównań, które umożliwiają obliczanie zawartości płatków i uzyskanie pożądanej lepkości albo obliczanie lepkości przy wybranej ilości płatków, przy zachowaniu pozostałych warunków badań w wiskografie.

Wykonano także podstawową analizę składu chemicznego płatków zbożowych. Zróżnicowanie wszystkich wartości średnich badanych parametrów płatków z 4 zbóż było statystycznie istotne ( $p = 0,05$ ) – tab. 1. Jedynie w płatkach żytnich i jęczmiennych stwierdzono jednakową zawartość frakcji rozpuszczalnej błonnika. Podstawowym składnikiem płatków jest skrobia. Największą jej zawartość oznaczono w płatkach żytnich (66,1 %), a równie dużą – w płatkach jęczmiennych (58,3 %). W płatkach pszennych stwierdzono największą zawartość białka (9,36 %), a najmniejszą (4,30 %) – w żytnich. Natomiast zawartości białka w płatkach owsianych (8,50 %) i jęczmiennych (8,04 %) kształtowały się na poziomie pośrednim. Płatki owsiane charakteryzowały się najmniejszą wilgotnością (8,6 %), na co wpływ mogła mieć największa zawartość w nich tłuszczu (6,47 %). Wilgotność pozostałych płatków była większa i zbliżona do siebie: jęczmienne – 11,0 %, żytnie – 11,2 %, a pszenne – 11,4 %. Zawartość związków mineralnych w postaci popiołu była najmniejsza w płatkach jęczmiennych (0,9 %), a więc taka, jak w jasnych mąkach nisko wyciągowych, w pozostałych płatkach była poniżej 2 %, czyli podobnie jak w kaszach.

Tabela 1. Skład chemiczny analizowanych płatków zbożowych  
Table 1. Chemical composition of analysed cereal flakes

Płatki Flakes	Wilgotność Humidity [%]	Białko Protein [%]	Tłuszcz Fat [%]	Związki mineralne jako popiołów / Mineral compounds as ash [%]	Skrobia Starch [%]	Błonnik / Fibre			β-glukany β-glucans [%]
						Nierozpuszczalny Insoluble [%]	Rozpuszczalny Soluble [%]	Ogółem Total [%]	
Jęczmienne Barley flakes	10,455 <sup>a</sup>	8,24 <sup>b</sup>	2,072 <sup>a</sup>	0,975 <sup>a</sup>	63,53 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	3,05 <sup>ab</sup>	6,27 <sup>a</sup>	2,46 <sup>ab</sup>
Owsiane Oats flakes	10,11 <sup>a</sup>	10,07 <sup>c</sup>	6,86 <sup>b</sup>	1,91 <sup>c</sup>	60,7225 <sup>a</sup>	4,89 <sup>b</sup>	4,02 <sup>b</sup>	8,9175 <sup>ab</sup>	3,52 <sup>b</sup>
Pszenne Wheat flakes	11,38 <sup>a</sup>	9,39 <sup>bc</sup>	2,115 <sup>a</sup>	1,65 <sup>bc</sup>	54,125 <sup>a</sup>	7,915 <sup>c</sup>	1,38 <sup>a</sup>	9,3 <sup>ab</sup>	0,11 <sup>a</sup>
Żytnie Rye flakes	11,24 <sup>a</sup>	4,295 <sup>a</sup>	1,365 <sup>a</sup>	1,525 <sup>b</sup>	66,07 <sup>a</sup>	8,835 <sup>c</sup>	4,255 <sup>b</sup>	13,09 <sup>b</sup>	1,62 <sup>ab</sup>
$\bar{x}$	10,80	8,00	3,10	1,52	61,11	6,22	3,18	9,39	1,93
s / SD	0,61	2,58	2,53	0,39	5,14	2,61	1,31	2,81	1,44
CV [%]	6	32	81	26	8	42	41	30	75

Objasnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x}$  - wartość średnia / mean value; s - odchylenie standardowe / SD - standard deviation; CV - współczynnik zmienności / coefficients of variation;  
a, b, c - wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) / mean values designated by  
different letters and placed in the same column differ statistically significantly at  $p < 0,05$ .

Wśród składników funkcjonalnych, do których należy błonnik pokarmowy, w tym  $\beta$ -glukany (tab. 1), również stwierdzono duże zróżnicowanie zawartości. Największą zawartość  $\beta$ -glukanów oznaczono, zgodnie z oczekiwaniami, w płatkach jęczmiennych oraz w owsianych odpowiednio: 3,79 i 3,23 %, natomiast znacznie mniejszą ich ilość stwierdzono w płatkach żytnich (1,62 %) oraz bardzo małą ilość (0,11 %) – w pszennych. Największą zawartość błonnika pokarmowego ogółem (13,09 %) określono w płatkach żytnich, mniejszą – w pszennych (9,30 %) oraz owsianych (8,20 %), a najmniejszą – w jęczmiennych (7,18 %). Najwięcej błonnika nierozpuszczalnego (8,84 %) oraz rozpuszczalnego (4,25 %) było w płatkach żytnich. Natomiast dużą (7,92 %) zawartość frakcji błonnika nierozpuszczalnego stwierdzono w płatkach pszennych, lecz najmniej, spośród zbadanych płatków, było w nich frakcji rozpuszczalnej (1,38 %).

W płatkach zbożowych kleikowaniu ulega główny ich składnik, czyli skrobia. W badaniach zwrócono uwagę na najsilniejsze kleikowanie płatków jęczmiennych, a najsłabsze – pszennych. Płatki jęczmienne zawierały nieznacznie więcej skrobi od pszennych, a jednocześnie zawierały najwięcej  $\beta$ -glukanów i dużo rozpuszczalnego błonnika (podobnie jak płatki żytnie). W płatkach pszennych stwierdzono natomiast minimalną zawartość  $\beta$ -glukanów i rozpuszczalnego błonnika. Płatki pszenne zwykle zawierają najwięcej białka i dużo nierozpuszczalnego błonnika. W tym przypadku można uznać, że matryca komórkowa uwięziła duże ziarenka skrobi pszennej podczas płatkowania i utrudniała ich kleikowanie w fazie ogrzewania mieszaniny. Ograniczenie zdolności kleikowania płatków pszennych uniemożliwiło wzrost lepkości próbek podczas ogrzewania (osiągnięcie punktu A). Drobniejsze ziarenka skrobiowe płatków jęczmiennych, o bardzo rozwiniętej powierzchni kontaktu głównie z frakcją rozpuszczalną błonnika (4,13 %) i  $\beta$ -glukanami, mogły natomiast swobodnie pobierać wodę i kleikować. Zaobserwowano jedynie niewielką, cechującą skrobię tego gatunku, utratę lepkości po ochłodzeniu (punkt C). Mała lepkość kleików z płatków pszennych mogła wynikać ponadto z udziału enzymów amylolitycznych depolimeryzujących skrobię, co wielokrotnie stwierdzano w mąkach wytwarzanych z porośniętego ziarna pszenicy [19, 20].

Porównanie płatków żytnich i owsianych wykazało, że kleikowały one podobnie (rys. 1., punkt A), pomimo różnej zawartości w nich skrobi, której w płatkach żytnich było najwięcej (66,1 %), a w owsianych – najmniej (50,8 %). Duża zawartość nierozpuszczalnego błonnika w płatkach żytnich, podobnie jak w płatkach pszennych, ograniczała maksimum kleikowania (osiągnięcie punktu A), ale po oziębieniu kleik z płatków żytnich miał większą lepkość (punkt C) niż kleik z płatków pszennych. Efekt wyraźnego wzrostu lepkości kleików żytnich i pszennych po ich ochłodzeniu wyklucza bezpośredni wpływ białka na lepkość w punkcie C, gdyż białka w płatkach żytnich było najmniej (4,3 %). Zatem w płatkach owsianych, tak jak i w pszennych, ziarenka



skrobiowe mogły słabo kleikować w otoczeniu białka w pobliżu pierwszego maksimum (punkt A). Kleikowaniu płatków owsianych, pomimo najmniejszej zawartości skrobi, lecz w formie najdrobniejszych ziarenek (charakterystycznych dla tego gatunku), mogła sprzyjać duża zawartość  $\beta$ -glukanów w ich otoczeniu, a także tłuszcze tworzące kompleks z amylozą [4].

Kompleksowa analiza przebiegu kleikowania skrobi i podstawowego składu chemicznego płatków zbożowych dowiodła, że ziarenka skrobiowe w płatkach nie były wydzieloną skrobią zmieszaną ze składnikami chemicznymi w takim stopniu, jak np. w mąkach. Po przetworzeniu ziarna zbóż na płatki błyskawiczne ziarenka skrobi były nadal rozmieszczone w matrycy komórkowej przypominającej matrycę ziarniaków zbóż. Dobrze poznane są różnice w podstawowym składzie chemicznym ziarna zbóż i wyniki tej pracy to potwierdzają. Znane są cechy fizyczne i chemiczne składników analizowanych w pracy, takie jak: przewodzenie wody, hydrofobowość, właściwości strukturotwórcze i absorpcyjne. Zwrócono uwagę na możliwości współdziałania tego złożonego układu z pęczniejącymi ziarenkami skrobi. Przy licznych korelacjach składników chemicznych w ziarniakach zbóż i możliwych interakcjach ze skrobią, a także z warunkami produkcji płatków, trudno jest tradycyjnymi analizami chemicznymi lub technologicznymi wyjaśniać wpływ środowiska na ziarenka skrobiowe, jako strukturę złożoną z amylozy i amylopektyny [14, 20].

Zróznicowane charakterystyki lepkości kleików z błyskawicznych płatków czterech zbóż, różny ich skład chemiczny, a także spodziewany wpływ działań hydrotermicznych oraz płatkowania na zmianę struktury matrycy komórkowej i zawartych w niej ziarenek skrobiowych, stwarzają możliwości wyboru odpowiedniego surowca i jego wykorzystania w roli zagęstnika.

## Wnioski

1. Znaczne różnice lepkości kleików otrzymywanych z płatków błyskawicznych wytworzonych z ziarna czterech zbóż były wynikiem różnej zawartości skrobi, jak również udziałem czynników różnicujących właściwości ziarenek skrobi i ich interakcji z otaczającymi składnikami chemicznymi po procesie hydrotermicznym i płatkowaniu.
2. W przypadku płatków jęczmiennych błyskawicznych wykazano ich szybkie kleikowanie, największą lepkość kleików i największą zawartość  $\beta$ -glukanów, dużą zawartość skrobi, znaczne ilości białka, przy małej zawartości błonnika, lecz ze znacznym udziałem jego frakcji rozpuszczalnej.
3. Pod względem zmian lepkości kleików i składu chemicznego błyskawicznych płatków zbożowych wykazano:

- kleiki z płatków pszennych charakteryzowały się najmniejszą lepkością podczas kleikowania, a płatki: największą zawartością białka i dużą – nierozpuszczalnego błonnika,
  - kleiki z płatków żytnich odznaczały się stosunkowo małą lepkością kleikowania, pomimo największej zawartości skrobi i błonnika pokarmowego w płatkach, zwłaszcza jego nierozpuszczalnej frakcji,
  - mała lepkość kleików owsianych może wynikać z najmniejszej zawartości skrobi, dużej zawartości tłuszczu, stosunkowo dużej zawartości białka i  $\beta$ -glukanów w płatkach.
4. Do porównania zróżnicowanych surowców skrobiowych znaczenie aplikacyjne mogą mieć opracowane, liniowe zależności lepkości od zawartości płatków w mieszaninie wodnej. Umożliwiają one obliczanie lepkości w przypadku ustalanych jednakowych zawartości płatków albo obliczanie zawartości materiału w przypadku jednakowych lepkości

### Literatura

- [1] Achremowicz B., Gibiński M.: Przetwory owsiane cennym składnikiem naszej diety. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2010, **7 (54)**, 14-15.
- [2] AOAC, Association of Official Agricultural Chemists: 991,43 Total, soluble and insoluble fiber. 995,16 Beta-D-glucan, enzymatic method. 996,11 Total starch. Edt. AOAC, Rockville, Maryland, USA 2014.
- [3] Bartnikowska E.: Przetwory z ziarna owsa jako źródło ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. *Biul. IHAR*, 2003, **229**, 235-245.
- [4] Berski W., Ptaszek A., Ptaszek P., Ziobro R., Kowalski G., Grzesik M., Achremowicz B.: Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives. *Carboh. Polym.*, 2011, **2 (83)**, 665-671.
- [5] Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z.: Effects of wheat flour supplementation with oat products on dough and bread quality. *Pol. J. Food Nut. Sci.*, 2005, **3 (14)**, 281-296.
- [6] Fortuna T., Gałkowska D., Juszcak L.: Porównanie właściwości reologicznych wybranych preparatów skrobi modyfikowanej. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2004, **2 (3)**, 127-136.
- [7] Gates K.F., Sontag-Stohm T., Stoddard L.F.: Interaction of heat-moisture conditions and physical properties in oat processing. *J. Cereal Sci.*, 2008, **48**, 288-293.
- [8] Gupta M., Bawa A.S., Semwal A.D.: Morphological, thermal, pasting and rheological properties of barley starch and their blends. *Int. J. Food Prop.*, 2009, **12**, 595-596.
- [9] ICC, International Cereals Chemists: Standard 104/1. Determination of ash in cereals and cereal products. Dostęp w Internecie [30.05.2015]: [www.icc.or.at/standard\\_methods](http://www.icc.or.at/standard_methods)
- [10] Kawka A., Achremowicz B.: Owies – roślina XXI wieku. Wykorzystanie żywieniowe i przemysłowe. *Nauka. Przyroda, Technologie*, 2014, **3 (80)**, 1-12.
- [11] Klensport D., Jeleń H.: Effect of heat treatment on the flavor of oat flakes. *J. Cereal Sci.*, 2008, **48**, 656-661.
- [12] McMinn A.M., McKee J.D., Magee A.T.: Moisture adsorption of oatmeal biscuit and oat flakes. *J. Food Eng.*, 2007, **79**, 481-493.

- [13] PN-EN ISO 2048:2007 Ziarno zbóż. Oznaczanie azotu i białka. Ragaee S., Abdel-Aal E.S.: Casting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chem.*, 2006, **95**, 9-18.
- [14] Ragaee S., Abdel-Aal E.S.: Casting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chem.*, 2006, **95**, 9-18.
- [15] Rzedzicki Z.: Charakterystyka składu chemicznego wybranych przetworów owsianych. *Biul. IHAR*. 2006, **239**, 269-280.
- [16] Sanaa Ragaee S., Abdel-Aal E.M.: Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chem.*, 2006, **1 (95)**, 9-18
- [17] Singh J., Kaur L., McCarthy O.J.: Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – A review. *Food Hydrocoll.*, 2007, **21**, 1-22.
- [18] Sobczyk M., Haber T., Witkowska K.: Wpływ dodatku płatków owsianych na jakość ciasta i pieczywa pszenne. *Acta Agroph.*, 2010, **2 (16)**, 423-433.
- [19] Sobota A., Rzedzicki Z., Sobieraj M.: Badania składu chemicznego płatków musli. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, 2012, **2 (45)**, 131-137.
- [20] Zarzycki P., Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Właściwości reologiczne kleików z mąki pszennej jako wskaźnik jej wartości wypiekowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2014, **6 (97)**, 50-66.
- [21] PN-EN ISO 11085:2010. Ziarno zbóż. Oznaczanie tłuszczu metodą ekstrakcji Randalla.
- [22] PN-EN ISO 712:2009. Ziarno zbóż. Oznaczanie wilgoci.

#### COMPARING APPARENT VISCOSITY OF GRUELS PRODUCED FROM INSTANT CEREAL FLAKES

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

The gelatinization profile was analyzed of aqueous mixtures made from ground instant flakes of four types of cereals and with a varying content of cereal flakes in water. It was found that there were considerable differences in the apparent viscosity of gruels. The following viscosity-differentiating factors were pointed out: origin of starch contained in the flakes, varying contents of starch, hydrothermal treatments and flaking as well as interactions with the main chemical components that formed the matrix on cells of the cereal grain. Linear dependencies were determined between the maximum viscosity of gruels and the content of flakes in the aqueous mixture. Those dependencies make it easier to compare the viscosity of starch gruels or help choose the content level of starch material in food products, in which flakes are to replace starch thickeners.

It was found that the gruels made from barley flakes were characterized by the highest viscosity, whereas the barley flakes: by the highest content of  $\beta$ -glucans (3.79 %), a high content of starch (58.3 %), considerable amounts of protein (8.04 %), and a low content of dietary fibre (7.18 %) together with a substantial content of soluble fraction thereof (4.13 %). The wheat flakes had the lowest viscosity during gelatinization, but they contained the highest amount of protein (9.36 %), a high amount of insoluble fibre (7.18 %), and they contained hardly any  $\beta$ -glucans (0.11 %). The gruels made from rye flakes were characterized by a relatively low viscosity despite the fact that the rye flakes contained the highest amount of starch (66.1 %) accompanied by the highest content of fibre (13.09 %), the highest content of insoluble fraction of fibre (8.84 %), but the average content of  $\beta$ -glucans (1.62 %) and the lowest content of protein (4.30 %). The gruels from oat flakes had a relatively low viscosity, and the oat flakes contained: the lowest amount of starch (50.8 %), the highest fat content (6.47 %), a relatively high amount of protein (8.50 %) and  $\beta$ -glucans (3.23 %), and an average amount of fibre (8.20 %).

The conditions developed for performing comparative tests on the viscosity of gruels from instant cereal flakes might be applied to design functional food products, in which starch-based thickening agents could be replaced by cereal flakes.

**Key words:** oat, barley, rye, wheat, protein, fibre,  $\beta$ -glucans, apparent viscosity 