

WIKTOR OBUCHOWSKI, MATEUSZ GUTSCHE, AGNIESZKA MAKOWSKA

## CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE CECHY JAKOŚCIOWE MĄKI PRZEZNACZONEJ DO PRODUKCJI WAFLI

### Streszczenie

Badano przydatność pszennych mąk pasażowych do produkcji wafli. Ziarno pszenicy 'Slade' przemielono w młynie handlowym. Uzyskano 15 rodzajów mąk pochodzących z pasaży śrutowych, wymiałowych, sortownika oraz rzutnika otrębowego, różniących się składem chemicznym i właściwościami reologicznymi wytwarzanego z nich ciasta. Cechy technologiczne najkorzystniejsze do produkcji wafli w warunkach przemysłowych, czyli długi czas agregacji glutenu i relatywnie małą lepkość wypływową, wykazywały mąki z pierwszych pasaży śrutowych, pierwszych pasaży wymiałowych, a także z sortownika i rzutnika otrębowego. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy wydajnością glutenu i jego jakością a czasem jego agregacji i lepkością wypływową. Wykazano, że mała wydajność mokrego glutenu i jego jakość nie są odpowiednimi kryteriami oceny przydatności mąki do produkcji wafli. Stwierdzono ujemną korelację pomiędzy lepkością wypływową i czasem agregacji glutenu a zawartością białka ogólnego oraz stopniem uszkodzenia skrobi. Do produkcji wafli najbardziej przydatne są mąki pasażowe o relatywnie małej zawartości białka ogólnego oraz niskim stopniu uszkodzenia skrobi.

**Słowa kluczowe:** mąka waflowa, lepkość wypływowa, stopień uszkodzenia skrobi, czas agregacji glutenu

### Wprowadzenie

Współcześnie produkcja wyrobów waflowych odbywa się na zautomatyzowanych liniach o bardzo dużej wydajności i potokowym systemie wytwarzania. Bezawaryjna i wysokojakościowa produkcja na tych liniach wymaga dostarczenia do produkcji surowca powtarzalnego i w pełni odpowiadającego wymaganiom technologicznym. Konieczność przetłaczania ciasta waflowego na duże odległości i uwzględnienie równomiernego jego dozowania na płyty wafalarskie sprawia, że mąka do produkcji wafli musi spełniać szczególne wymagania. Dotyczą one małej lepkości wytwarzanego z niej ciasta oraz możliwie długiego przedziału czasu od momentu jego wytworzenia

---

*Prof. dr hab. W. Obuchowski, dr inż. A. Makowska, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, dr inż. M. Gutsche, Diamant International Polska, Młyny Zbożowe Stanisława Grygiera Sp. z o.o., ul. Bukowska 90, 62-065 Grodzisk Wielkopolski*

do chwili, w której następuje agregacja glutenu, czyli czasu, po którym w cieście zaczynają się wytrącać strzępki białek glutenowych [6, 10, 24].

Zastosowanie nieodpowiedniej mąki wymaga podjęcia w procesie produkcyjnym zabiegów technologicznych mających na celu zmniejszenie lepkości oraz utrudnienie powstawania agregatów glutenu z takiego surowca. Do najczęściej stosowanych praktyk należą: zwiększanie udziału wody, wprowadzanie enzymów proteolitycznych oraz stosowanie dodatku skrobi. Zastosowanie zwiększonego udziału wody zagraża strukturze wyrobu gotowego, jak również wymusza zwiększenie nakładów energetycznych potrzebnych do jej odparowania. Dodatek skrobi jest kosztowny, zaś stosowanie enzymów jest niekorzystnie odbierane przez konsumenta, jako zbyt duża ingerencja w naturalny skład i cechy wafli.

Dotychczas nie zostały w pełni wyjaśnione mechanizmy decydujące o przydatności technologicznej mąki do wytwarzania wafli, stąd też kryteria jej oceny wymagają udoskonalenia [4, 10]. Zazwyczaj uważa się, że mąka do produkcji wafli powinna charakteryzować się małą zawartością białka, o możliwie słabym glutenie [15]. Wydaje się jednak, że jest to pogląd mocno uproszczony.

Na liście odmian pszenicy przeznaczonej do celów ciastkarskich w Polsce zarejestrowana jest jedna odmiana – ‘Slade’, charakteryzująca się cechami najbardziej zbliżonymi do oczekiwań producentów wafli [16]. Mąki pasażowe uzyskiwane z przemiału ziarna tej pszenicy wykazują zdecydowanie różną przydatność do wytworzenia ciasta o pożądanych cechach. O ile znaczna część mąk pasażowych z tego ziarna odpowiada wymaganiom producentów, to są także takie, które nie spełniają tych oczekiwań. Wyeliminowanie niektórych mąk pasażowych mogłoby ograniczyć stosowanie w produkcji wafli substancji dodatkowych [5, 6, 10], umożliwiających zmniejszenie lepkości tworzonej masy [4]. Określenie zależności pomiędzy lepkością, czasem agregacji glutenu a niektórymi właściwościami fizykochemicznymi powinno przyczynić się do uzyskania wymiernych korzyści praktycznych przy ustalaniu wymagań odnośnie do cech technologicznych surowca do produkcji wafli.

Celem niniejszej pracy było określenie tych wyróżników fizykochemicznych i reologicznych mąki pasażowej, które mają wpływ na uzyskanie ciasta o cechach odpowiadających wymaganiom producentów wafli.

### **Material i metody badań**

Material doświadczalny stanowiły mąki pasażowe z przemiału ziarna pszenicy ‘Slade’ w młynie handlowym o zdolności przemiałowej 150 t/24 h, wyposażonym w maszyny i urządzenia firmy Buhler. Próby pobierano w kolejnych trzech latach: 2007, 2008 i 2009. Partie ziarna przemiałanego w poszczególnych latach wynosiły po 120 t. Młyn wyposażony był częściowo w mlewniki 8-walcowe typu Newtronic,

umożliwiające dwukrotne rozdrabnianie mlewa przed skierowaniem na odsiewacze płaskie.

Schemat przemiałowy młyna obejmował 6 pasaży śrutowych, oznaczonych w dalszym opisie pracy literą B (w tym dwa mławniki z podwójnym rozdrabnianiem), 11 pasaży wymiałowych, oznaczonych literami C (w tym cztery mławniki do podwójnego rozdrabniania, a pierwszy pasaż wymiałowy rozbudowany był o dodatkowy mławnik oznaczony jako C1b, sortownik D1 oraz rzutnik otrębowy MS).

W ocenie towaroznawczej ziarna uwzględniono oznaczenia: wilgotności – wg PN-A-74010:1991P [20], wyrównania ziarna – wg Sadkiewicza i wsp. [18], gęstości ziarna w stanie zsypanym – wg PN-EN ISO 7971-3:2010P [21] i liczby opadania – wg ICC 107 [14].

Analiza mąki obejmowała oznaczenie zawartości: substancji mineralnych – wg ICC 104/1 [11] i białka – wg ICC 105/2 [12] oraz ilości i indeksu jakości glutenu – wg ICC 155 [13], właściwości farinograficznych – wg PN ISO 5530-1 [22]. Oznaczenie stopnia uszkodzenia skrobi wykonywano metodą amperometryczną przy użyciu aparatu SD-matic firmy Chopin i przeliczono zgodnie z metodą AACC 76-30A [1].

Oznaczenie lepkości wypływowej oraz czasu rozdziału glutenu wykonywano zgodnie z instrukcją Bundesanstalt für Getreide, Kartoffel und Fettforschung, Detmold [10].

W celu oznaczenia lepkości wypływowej 500 g mąki o temp. 20 °C mieszano w dzieży miksera z 600 ml wody o temp. 23 °C, początkowo przez 30 s przy 56 obrotach mieszadła/min, następnie obroty zwiększano do 125/min i mieszano przez kolejnych 90 s. Bezpośrednio po wymieszaniu uzyskaną masą napełniano wiskozymetr wypływowy i rozpoczynano pomiar lepkości. Mierzono czas wypływu ciasta w [s] od momentu, gdy jego poziom zrównał się z górnym punktem do momentu, gdy osiągnął dolny punkt na skali wiskozymetru. Drugi pomiar lepkości wykonywano po 30 min leżakowania ciasta. Czas potrzebny do wypłynięcia określonej objętości ciasta przez kapilarę wiskozymetru definiowano jako lepkość wypływową.

W celu oznaczenia czasu agregacji glutenu do zlewki odważano 300 g mąki (temp. 20 °C) i 420 ml wody (temp. 23 °C). Zawartość zlewki energicznie mieszano za pomocą bagietki, a następnie 270 g powstałej mieszaniny przenoszono do przezroczystego naczynia miksera. Włączano mikser, uruchamiając jednocześnie stoper. Stoper zatrzymywano z chwilą pojawienia się widocznych włókien w mieszanym cieście. Moment ten sygnalizuje też zwiększone obciążenie pracy miksera. Czas, po którym pojawiały się strzępki zagregowanych białek glutenowych definiowano jako czas agregacji glutenu.

Analizę statystyczną wyników wykonano w programie Statistica 8.0. Wartości zamieszczone w tabelach przedstawiono jako wyniki średnie poszczególnych analiz. Obliczono współczynniki korelacji pomiędzy wynikami zawartości oznaczanych

składników chemicznych, cech fizykochemicznych i reologicznych poszczególnych mąk pasażowych uzyskanych w poszczególnych latach badań. Istotność korelacji stwierdzano na poziomie  $p = 0,01$ , korzystając z tabel zawartych w Quality Control for the Food Industry [17].

### Wyniki i dyskusja

Wartości wyróżników jakości przemielanych w poszczególnych latach partii pszenicy (tab. 1) były zbliżone, w szczególności pod względem zawartości białka ogólnego i wydajności glutenu mokrego. Nieznacznie większe wartości wydajności glutenu mokrego, indeksu jakości glutenu, a także zawartości popiołu zaobserwowano w przypadku partii ziarna przemielanego w 2009 roku. Wynikały one prawdopodobnie z bardziej suchego okresu wegetacji w tym roku. Partie ziarna charakteryzowały się liczbą opadania w przedziale 280 - 311 s, co wskazuje, że nie uległy one podczas wegetacji procesom porostania.

Tabela 1

Charakterystyka cech fizykochemicznych ziarna pszenicy 'Slade'.  
Physical-chemical profile of 'Slade' wheat grain.

Wyróżnik / Parameter	Rok zbioru / Year of harvest		
	2007	2008	2009
Wilgotność / Moisture content [%]	16,3	15,6	15,9
Wyrównanie / Uniformity [%]	79,0	80,8	85,6
Gęstość w stanie zsypanym / Test weight [kg/hl]	72	75	75
Zawartość zw. mineralnych jako popiół Content of mineral compounds as ash [% s.m. / d.m.]	1,69	1,78	1,82
Zawartość białka / Protein content [% s.m. / d.m.]	11,8	11,7	12,0
Wydajność glutenu / Gluten yield [%]	22,8	21,7	23,5
Indeks jakości glutenu/ Gluten Index [-]	86	65	88
Liczba opadania / Falling number [s]	280	311	308

Mąki pasażowe poddane ocenie porównawczej stanowiły łącznie ok. 72 % ogólnego wyciągu w stosunku do przemielanego ziarna. Największy udział w mące ogólnej stanowiła mąka z pierwszych trzech pasażów wymiałowych: C1a (mąka 1 i 2M), C1b oraz C2/C3, sortownika (D1) oraz pierwszego pasażu śrutowego (B1/B2). Niewielkie ilości mąki uzyskiwano natomiast z końcowych trzech pasażów śrutowych (0,9 % z pasażów B4/B5 oraz 0,5 % z pasażu B6) oraz trzech wymiałowych (1,4 % z pasażów C9/C10 oraz 1,4 % z pasażu C11). Znaczących ilości (4,3 %) mąki dostarczał rzutnik otrębowy (tab. 2).

Tabela 2

Wydajność mąk pasażowych i ich udział w ogólnej ilości wytwarzanej mąki.

Yield of mill stream flours and its per cent content in the total amount of flour produced.

Symbol pasażu Passage symbol	Wydajność mąki Flour yield [kg/h]	Udział w ogólnej ilości mąki Per cent content in the total amount of flour [%]
Pasaże śrutowe / Break system: B1/B2	255	5,7
B3	141	3,1
B4/B5	42	0,9
B6	24	0,5
Pasaże wymiałowe / Reduction system: C1a 1M	460	10,2
C1a2M	198	4,4
C1b	321	7,1
C2/C3	1209	26,8
C4	147	3,3
C5/C6	552	12,2
C7/C8	126	2,8
C9/C10	63	1,4
C11	63	1,4
Sortownik / Sorter: D1	714	15,8
Rzutnik otrębowy / Bran brusher: MS	195	4,3

Charakterystyka mąk pasażowych z poszczególnych lat (tab. 3, 4 i 5) wskazuje, że przy wyrównanych parametrach jakościowych pszenicy i stabilnym schemacie przemiałowym młyna uzyskano powtarzalne cechy jakościowe mąki, charakterystyczne dla danego pasażu przemiałowego. Przeprowadzona analiza korelacji wykazała, że, z wyjątkiem wydajności glutenu, pozostałe parametry jakościowe mąk pasażowych w poszczególnych latach były wysoce skorelowane – osiągały wartości współczynnika korelacji powyżej  $r = 0,72$ , a w wielu przypadkach przekraczającego wartość  $r = 0,90$  (tab. 5). Cechy technologiczne najkorzystniejsze w produkcji wafli wykazywały mąki z pierwszych pasażów śrutowych (B1/B2 oraz B3) i pierwszych pasażów wymiałowych (C1a1M; C1a2M; C1b oraz C2/C3), a także mąka z sortownika (D1) i rzutnika otrębowego (MS) (tab. 3, 4 i 5). Charakteryzowały się one długim czasem agregacji glutenu i relatywnie małą lepkością wypływową. Mąki te wykazywały natomiast duże zróżnicowanie pod względem wydajności i jakości glutenu, przy czym cechy te nie były skorelowane z czasem agregacji glutenu i lepkością wypływową. W mąkach pasażowych

Tabela 3

Charakterystyka mąk pasazowych uzyskanych z przemiału ziarna pszenicy 'Slade' w 2007 r.  
 Characteristics of passage flours obtained from milled grains of 'Slade' variety of wheat in 2007.

Symbol pasażu Passage Symbol	Stopień uszkodzenia skrobi Damage degree of starch [%]	Zawartość zw. miner jako popiołów Content of mineral compounds as Ash [% d.m.]	Wydajność glutenu Gluten yield [%]	Indeks jakości glutenu Gluten Quality Index [-]	Zawartość białka ogółem Total protein content [% d.m.]	Charakterystyka farinograficzna Farinograph characteristics			Czas agregacji glutenu Gluten aggregation time [s]	Lepkość wyphywowa Batter viscosity after 30 min [s]	Lepkość wyphywowa Batter viscosity [s]
						Wodochłonność Water Absorption [%]	Czas stałości Stability Time [min]	MTI Mixing Tolerance Index [J.F.]			
B1/B2	3,9	0,42	17,7	87	8,6	49,3	1,3	128	396	37	40
B3	5,6	0,71	29,1	70	12,1	55,8	4,3	82	365	98	71
B4/B5	8,3	1,71	21,2	77	12,6	70,1	2,2	103	305	291	313
B6	8,9	2,57	18,6	92	14,8	75,7	2,4	140	277	1123	1048
C1a 1M	5,3	0,44	21	94	9,8	54,6	1,8	118	340	95	80
C1a 2M	5,4	0,43	22,8	97	10,6	56,8	3,1	86	311	172	266
C1b	8,3	0,87	25,9	83	11	64	1,7	127	21	476	536
C2/C3	5,1	0,45	20,2	94	9,9	57	1,4	106	308	149	148
C4	8,2	1,6	18,8	93	12,5	71,2	3,5	140	229	1230	1446
C5/C6	7,1	0,84	27	88	12,5	66,7	3,3	84	204	487	520
C7/C8	8,4	1,43	26,8	77	13,9	74,1	2,9	109	56	2769	2897
C9/C10	8,5	2,12	22,1	62	15,2	74,9	2,1	91	9	2965	3250
C11	9,1	3,4	-	-	15,3	77,1	1,4	173	7	-	-
D1	3,4	0,5	19,2	91	9,4	51,6	0,6	133	392	48	66
MS	9,0	1	29,1	64	13,4	63,7	3,3	84	346	231	184

Tabela 4

Charakterystyka mąk pasazowych uzyskanych z przemiału ziarna pszenicy 'Slade' w 2008 r.  
 Characteristics of passage flour obtained from milled grains of 'Slade' variety of wheat in 2008.

Symbol pasazu Passage Symbol	Stożenie uszkodzenia skrobi Damage degree of starch [%]	Zawartość zw. miner jako popiół Content of mineral compounds as Ash [% d.m.]	Wydajność glutenu Gluten yield [%]	Indeks jakości glutenu Gluten Quality Index [-]	Zawartość białka ogółem Total protein content [% d.m.]	Charakterystyka farinograficzna Farinograph characteristics			Czas agregacji glutenu Gluten aggregation time [s]	Lepkość wyphywowa Batter viscosity [s]	Lepkość wyphywowa po 30 min Batter viscosity after 30 min [s]
						Wodochłonność Water Absorption [%]	Czas stałości Stability Time [min]	MTI Mixing Tolerance Index [j.F.]			
B1/B2	3,4	0,35	17,2	85	8,5	50,7	1,2	129	385	23	25
B3	4,6	0,68	24,4	53	11,9	56,3	2,3	82	376	50	56
B4/B5	7,5	1,5	24	29	12,5	63,9	2,2	116	310	150	148
B6	7,7	1,96	21,4	53	14,5	67,6	3,7	121	285	225	211
C1a 1M	4,4	0,38	19,5	85	9,6	55,1	1,1	120	334	68	76
C1a 2M	4,7	0,51	22,3	98	10,4	52,0	1,4	109	300	156	241
C1b	7,6	0,79	22,6	90	10,8	65,7	2,9	96	23	617	689
C2/C3	4,5	0,35	20,6	94	9,8	57,0	1,3	97	299	105	107
C4	7,8	1,69	21,9	92	12,3	70,1	3,6	130	218	1866	1960
C5/C6	6,9	0,92	22,3	76	12,3	65,8	3,5	80	203	389	361
C7/C8	7,0	1,71	23,1	64	13,7	68,5	3,6	127	65	1275	1457
C9/C10	7,3	2,35	21	23	15	71,0	2	166	11	2881	3008
C11	8,5	3,68	-	-	15,3	72,6	0,8	187	6	-	-
D1	3,0	0,48	19,1	89	9,2	53,3	1,2	124	378	40	44
MS	8,4	0,84	24,9	63	13,3	61,7	3,7	72	348	90	76

T a b e l a 5

Charakterystyka mąk pasazowych uzyskanych z przemiału ziarna pszenicy 'Slade' w 2009 r. oraz wartości współczynników korelacji (r) wyróżników pomiędzy poszczególnymi latami.

Characteristics of passage flour obtained in 2009 and correlation coefficients between various years.

Symbol pasazu Passage Symbol	Stożenie uszkodzenia skrobi Damage degree of starch [%]	Zawartość popiołu Ash content [% d.m.]	Wydajność glutenu Gluten yield [%]	Indeks jakości glutenu Gluten Quality Index [-]	Zawartość białka ogółem Total protein content [% d.m.]	Charakterystyka farinograficzna Farinograph characteristics			Czas agregacji glutenu Gluten aggregation time [s]	Lepkość wypluwowa Batter viscosity [s]	Lepkość wypluwowa Batter viscosity after 30 min [s]
						Wodochłonność Water Absorption [%]	Czas stabilności Stability Time [min]	MTI Mixing Tolerance Index [J.F.]			
B1/B2	3,8	0,42	17,3	84	8,5	39,0	1,8	126	390	35	38
B3	5,4	0,72	26,0	60	12,0	54,8	6,7	61	304	85	81
B4/B5	8,3	1,70	24,0	58	12,6	64,2	5,4	53	261	382	289
B6	8,9	2,58	23,2	91	14,6	65,2	2,5	97	290	1030	842
C1a 1M	5,2	0,43	20,0	85	9,7	53,3	1,9	101	286	95	92
C1a2M	2,5	0,43	24,0	90	10,5	53,3	4,5	70	260	196	378
C1b	7,3	0,44	24,4	69	10,8	59,9	2,4	94	225	131	140
C2/C3	8,9	0,87	22,7	81	9,8	54,8	1,7	91	64	473	500
C4	7,2	1,59	23,8	82	12,3	71,2	5,2	66	38	2244	1942
C5/C6	7,6	0,84	22,7	71	12,3	64,9	5,1	59	55	536	603



c.d. tab. 5

C7/C8	8,3	1,43	23,4	69	13,7	69,3	5,6	64	43	1114	1685
C9/C10	9,0	2,12	22,5	22	15,1	64,8	3,4	94	14	2791	2946
C11	8,8	2,31	-	-	15,2	73,2	2,6	114	33	2288	2274
DI	3,2	0,49	21,6	74	9,2	50,3	1,9	109	329	64	69
MS	8,9	1,01	25,5	80	13,3	62,3	4,7	56	292	260	250
2007:2008 r	0,994	0,920	0,847	0,725	0,999	0,914	0,626	0,656	0,736	0,940	0,957
2007:2009 r	0,991	0,971	0,497(NS)	0,735	0,999	0,914	0,879	0,599(NS)	0,727	0,826	0,931

NS – wartości nieistotne na poziomie  $p = 0,01$  / insignificant values at the level of  $p = 0,01$ .

wraz ze wzrostem numeracji pasażu następował wzrost zawartości białka ogólnego i związków mineralnych w postaci popiołu ogólnego. Jest to typowa tendencja odnotowywana we wcześniejszych badaniach [9, 19, 24], która świadczy o tym, że kolejne mąki pasażowe pozyskiwane są z coraz bardziej peryferyjnych fragmentów ziarna, zbliżonych do okrywy. Warstwy te bogatsze są m.in. w hemicelulozy, substancje o wysokiej wodochłonności, przyczyniające się do wzrostu lepkości tworzonego ciasta.

Tabela 6

Współczynniki korelacji pomiędzy oznaczonymi wyróżnikami mąk pasażowych a parametrami jakości mąki jako surowca do produkcji wafli.

Correlation coefficients among determined discriminants of passage flours and flour quality parameters as raw material to produce wafers.

Wyróżnik Discriminant	Czas agregacji glutenu Gluten aggregation time [s]	Lepkość wypływowa Batter viscosity [s]	Lepkość wypływowa po 30 min Batter viscosity after 30 min [s]
Zawartość popiołu ogólnego Total ash content [% sm]	- 0,471	0,717	0,687
Wydajność glutenu Gluten yield [%]	- 0,222 (NS)	0,087 (NS)	0,073 (NS)
Indeks jakości glutenu Gluten Quality Index [-]	0,227 (NS)	- 0,259 (NS)	- 0,255 (NS)
Zawartość białka ogólnego Total protein content [%]	- 0,493	0,656	0,649
Stopień uszkodzenia skrobi Damage degree of starch [%]	-0,550	0,535	0,515
Wodochłonność mąki Flour water absorption [%]	-0,603	0,658	0,652
Stażność ciasta Dough stability [min]	-0,289 (NS)	0,170(NS)	0,177 (NS)
MTI [j.F.] Mixing Tolerance Index	0,152 (NS)	0,152(NS)	0,151 (NS)

n = 42;  $r_{tab_{0,01}} = 0,393$ ; NS – wartości nieistotne / insignificant values

Wraz ze wzrostem zawartości popiołu w kolejnych mąkach pasażowych zwiększała się zawartość białka ogólnego, nie odnotowano natomiast wzrostu wydajności mokrego glutenu z tych mąk. Świadczy to o tym, że w mąkach z kolejnych pasaży zwiększał się udział białek nieglutenowych. Niezależnie od wzrastającej ogólnej za-

wartości białka, mąki te charakteryzowały się nieproporcjonalną do zawartości białka ogólnego ilością białek tworzących gluten. Jest to szczególnie zauważalne w przypadku mąki odbieranej z pasażu B6 oraz C9/C10 (w latach 2007 i 2008). Mąki te miały największą, sięgającą 15 % zawartość białka ogólnego i charakteryzowały się małą, zaledwie 18- do 22-procentową wydajnością glutenu mokrego, a w przypadku mąki z pasażu C11 nawet brakiem możliwości jego wymycia. Wskazuje to, że w mąkach pasażowych odbieranych z coraz wyższych pasażu przemiałowych, w ogólnej ilości białka zwiększał się udział białek nieglutenowych. Porównanie tych wyników z odpowiednimi dla danej mąki pasażowej wyróżnikami, takimi jak lepkość wypływową i czas agregacji glutenu wskazuje, że w przypadku mąki przeznaczonej do produkcji wafli ani mała wydajność glutenu, ani jego jakość nie są kryteriami gwarantującymi odpowiednią jakość surowca.

Charakterystycznym dla danego pasażu przemiałowego wskaźnikiem był także stopień uszkodzenia skrobi w mące. Stwierdzono wzrost uszkodzenia skrobi wraz ze wzrostem numeru pasażu. Największe wartości stopnia uszkodzenia skrobi miały mąki z ostatnich pasażu śrutowych i ostatnich pasażu wymiałowych. Pewne odstępstwo od tego trendu występowało w przypadku pasażu wymiałowego C2/C3, co prawdopodobnie było wynikiem większej granulacji mąki uzyskiwanej z tego pasażu. Potwierdzają to przypuszczenie wyniki badań Górniaka [7] oraz Ceglińskiej i wsp. [3], którzy wskazują na zależność stopnia uszkodzenia skrobi od granulacji. Podatność skrobi na uszkodzenie podczas przemiału związana jest z twardością ziarna i uznawana za cechę odmianową [8, 23], jednak badania Gutsche i wsp. [9] oraz Obuchowskiego i wsp. [19] wykazały, że w przypadku pszenic miękkich, a do takich należy odmiana 'Slade', większy wpływ na stopień uszkodzenia skrobi mają warunki przemiału ziarna. Stopień uszkodzenia skrobi ma ogromne znaczenie w przemyśle piekarskim i makaronowym. Wpływa na poziom wodochłonności mąki oraz na podatność skrobi na działanie enzymów amylolitycznych [2, 5]. Nadmienia się także o jego roli w produkcji wafli [10, 24].

Na podstawie porównania poszczególnych wyróżników fizykochemicznych i technologicznych mąk pasażowych z czasem wytrącania glutenu oraz lepkością ciasta waflowego wykazano (tab. 6), że, z wyjątkiem wydajności i jakości glutenu, pozostałe wskaźniki były z nimi wysoko istotnie skorelowane. Zawarte w tej tabeli ujemne wartości współczynników korelacji pomiędzy zawartością białka ogólnego oraz stopniem uszkodzenia skrobi z jednej strony a czasem agregacji glutenu i lepkością wypływową z drugiej strony wskazują, że aby opóźnić czas wytrącania glutenu, należy dobierać mąki pasażowe o możliwie małej zawartości białka ogólnego i małym uszkodzeniu skrobi. Wpływ uszkodzenia skrobi na czas wytrącania glutenu można tłumaczyć tym, że uszkodzona skrobia wykazuje bardzo duże powinowactwo do wody w tworzonym cieście, zwiększa gęstość ciasta i ułatwia substancjom białkowym wytworzenie typ-

wego glutenu. Zestawienie wskaźnika czasu agregacji glutenu z zawartością popiołu ogólnego wskazuje, że lepsze byłyby mąki jasne, pochodzące z pierwszych pasażów śrutowania i wymiałowych.

Wysoki dodatni współczynnik korelacji liniowej zawartości białka, poziomu uszkodzenia skrobi, a także zawartości popiołu (świadczące, że mąka pochodzi z frakcji ziarna bogatych również w polisacharydy nieskrobiowe) z lepkością ciasta waflowego bezpośrednio utworzonego oraz po 30-minutowym odstaniu wskazuje, że czynniki te mogą wyraźnie zwiększać lepkość ciasta podczas jego wytwarzania. Podobnie niekorzystne pod względem przydatności do produkcji wafli jest oddziaływanie uszkodzonej skrobi. Zwiększa ona lepkość ciasta i, tym samym, ułatwia oraz przyspiesza szybkość tworzenia glutenu, nawet przy niewielkiej jego ilości. Z tego też względu na wyróżnik ten należy zwrócić szczególną uwagę przy ocenie przydatności mąki do produkcji wafli.

### Wnioski

1. Czas agregacji glutenu w przypadku mąki waflovej jest zależny przede wszystkim od ogólnej ilości białka oraz stopnia uszkodzenia skrobi. Z uwagi na czas agregacji glutenu zdecydowanie większą przydatność wykazują mąki z początkowych pasażów przemiałowych, zarówno śrutowych jak i wymiałowych, o małej zawartości białka ogółem i relatywnie niskim stopniu uszkodzenia skrobi.
2. Większa zawartość białka ogólnego oraz duży stopień uszkodzenia skrobi w mące z końcowych pasażów przemiałowych są przyczyną zbyt dużej lepkości ciasta waflowego i z tego względu przydatność mąki z tych pasażów jako surowca do produkcji wafli jest zdecydowanie ograniczona.

### Literatura

- [1] AACC Approved Methods. 76-30A. Determination of Damaged Starch. 10-th Edition, 2000.
- [2] Achremowicz B., Berski W., Gambuś H.: Wykorzystanie metody SRC (Solvent Retention Capacity) do oceny jakości technologicznej mąk pszennych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **6** (73), 34-45.
- [3] Ceglińska A., Szajewska A., Haber T.: Mechaniczne uszkodzenie skrobi a wartość wypiekowa mąki. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2007, **10**, 13-14.
- [4] Dzugasova J., Dodok L., Varga S., Gajdosikova M.: FlieBeigenschaften von Waffelteigen. *Die Nahrung*, 1989, **33** (10), 957-964.
- [5] Fortuna T., Gałkowska D.: Wpływ dodatku sacharydów na właściwości reologiczne skrobi modyfikowanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **4** (49), 5-18.
- [6] Gluszczyński M., Hanneforth U., Lindhauer M.G., Brummer J.M.: Backergebnisse bei Flachwaffeln und Hartkeksen nach Vorbeurteilung der Massen durch den Glutenaggregatiestest. (Bundesanstalt für Getreide, Kartoffel und Fettforschung, Detmold) *Getreide Mehl und Brot*, 2001, **55** (5), 299-306.

- [7] Górniak W.: Określenie korelacji między stopniem rozdrobnienia mąki pszennej a stopniem uszkodzenia skrobi. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 2006, **12**, 24-26.
- [8] Grundas S., Hnilica P.: Typ endospermu ziarna pszenicy a jego właściwości mechaniczne. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.*, 1987, **320**, 127-133.
- [9] Gutsche M., Obuchowski W., Makowska A.: Ocena przydatności mąk pasażowych z przemiału pszenicy do produkcji wafli. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, COBRABiD*, 2008, **4**, 62-67.
- [10] Hanneforth U., Zwingelberg H., Gebhard M.: Mehle für besondere Verwendungszwecke. 3. Mitteilung: Untersuchung zur Charakterisierung von Weizenmehlen zur Herstellung von Flachwaffeln. *Getreide Mehl und Brot*, 1997, **51 (4)**, 227-231.
- [11] ICC STANDARD No. 104/1. Determination of Ash in Cereals and Cereal Products.
- [12] ICC STANDARD No. 105/2. Determination of Crude Protein in Cereals and Cereal Products for Food and for Feed.
- [13] ICC STANDARD No. 155. Determination of Wet Gluten Quantity and Quality of Whole Wheat Meal and Wheat Flour.
- [14] ICC STANDARD No. 107/1. Determination of the "Falling Number" according to Hagberg–Perten as a Measure of the Degree of Alpha-Amylase Activity in Grain and Flour.
- [15] Jurga R. Charakterystyka jakościowa i zasady produkcji mąk pszennych o specjalnym przeznaczeniu. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2008, **3**, 38-40.
- [16] Klockiewicz-Kamińska E.: Pszenica ciastkowa. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 2003, **12**, 6-7.
- [17] Kramer A., Twigg B.A.: *Quality Control for the Food Industry*. The AVI Publ. Comp. Inc., Westport, Conn. 1970.
- [18] Sadkiewicz K., Sadkiewicz J., Sadkiewicz J.: *Bydgoska aparatura do badania zboża, mąki i pieczywa*. Wyd. ATR, Bydgoszcz, 2004
- [19] Obuchowski W., Salmanowicz B., Banaszak Z., Adamski T., Surma M., Kaczmarek Z., Majcher M., Ługowska B., Kuczyńska A., Krystkowiak K.: Grain hardness of wheat bred in Poland and its relationship to starch damage during milling. *Int. Agrophysics*, 2010, **1**, 69-74.
- [20] PN-A-74010:1991P. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza).
- [21] PN-EN ISO 7971-3:2010P. Ziarno zbóż. Oznaczanie gęstości w stanie zsypanym, zwanej masą hektolitrową. Część 3: Metoda rutynowa.
- [22] PN ISO 5530-1. Mąka pszenna. Fizyczne właściwości ciasta. Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- [23] Salmanowicz B.P., Adamski T., Surma M., Kaczmarek Z., Krystkowiak K., Kuczyńska A., Banaszak Z., Ługowska B., Majcher M., Obuchowski W.: The Relationship between grain hardness, dough mixing parameters and bread-making quality in winter wheat. *Int. J. Molec. Sci.*, 2012, **(13)**, 4186-4201.
- [24] Tiefenbacher K., Dobrovics M.: Mehle für die Waffelherstellung. *Getreide, Mehl und Brot*, 1999, **53, (6)**, 349- 353.

## FACTORS TO SHAPE QUALITY CHARACTERISTICS OF FLOUR FOR WAFER PRODUCTION

### Summary

The usefulness of wheat passage flours for wafer production was studied. Grains of a 'Slade' variety of wheat were milled in a commercial mill. 15 streams of flour were obtained from the following passage flours: break flours, reduction flours, sorter flour, and flour from bran brusher. The flours obtained dif-

ferred in their chemical composition and in the rheological properties of the dough made thereof. The flours from the first breaks and the first reduction rolls as well as the flours from the sorter and bran brusher showed the most convenient technological characteristics for the industrial production of wafers, i.e. long time of gluten aggregation and a relatively low batter viscosity. No correlations were found among the gluten yield and its quality, and the time of gluten aggregation and batter viscosity. It was proved that the low efficiency of wet gluten and its quality are not the appropriate criteria for assessing flour usefulness for wafer production. A negative correlation was found among the batter viscosity and gluten aggregation time, and the content of total protein and the damage degree of starch. To produce wafers, those passage flours are the most useful that show a relatively low protein content and a low damage degree of starch.

**Key words:** wafer flour, batter viscosity, damage degree of starch, gluten aggregation ☒