

PIOTR ZARZYCKI, MAŁGORZATA KASPRZAK, ZBIGNIEW RZEDZICKI,
ALDONA SOBOTA, EMILIA SYKUT-DOMAŃSKA

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE KLEIKÓW Z MĄKI PSZENNEJ JAKO WSKAŹNIK OCENY JEJ WARTOŚCI WYPIEKOWEJ

Streszczenie

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy właściwościami reologicznymi kleików mąk pszennych a wybranymi cechami pieczywa otrzymanego w wyniku wypieku laboratoryjnego. Materiał doświadczalny stanowiły mąki pszenne otrzymane w wyniku przemiału laboratoryjnego ziarna 6 wybranych odmian pszenicy. Pszenica była uprawiana przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki, różniących się stosowanym poziomem nawożenia azotowego i ochrony chemicznej. Ocena wartości technologicznej mąki obejmowała określenie: wyciągu mąki, zawartości popiołu, wilgotności, ilości i jakości glutenu oraz liczby opadania. Do określenia właściwości reologicznych 15-procentowych wodnych zawiesin mąk pszennych użyto lepkościomierza rotacyjnego Mettler Rheomat RM 180 o współosiowym układzie cylindrów. Wypiek pieczywa wykonano metodą jednofazową. Uzyskane pieczywo ważono w celu obliczenia całkowitej straty piecowej i wydajności. Zmierzone także objętość pieczywa i oznaczono wilgotność miękiszu. Wykazano m.in. istotne zróżnicowanie ilości i jakości glutenu w badanych mąkach pszennych, jakkolwiek nie stwierdzono zależności pomiędzy zmianami tych cech a poziomem agrotechniki. Zwiększenie dawki nawożenia azotowego, w czasie uprawy pszenicy, spowodowało obniżenie wartości *break-down* (różnica pomiędzy lepkością maksymalną a minimalną gorących kleików) oraz wzrost wartości *setback* (różnica pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików) 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych. Stwierdzono także istotną ($p = 0,05$) dodatnią korelację pomiędzy liczbą opadania mąki a lepkością maksymalną 15-procentowych kleików mąk pszennych. Objętość otrzymanego pieczywa była istotnie ($p = 0,05$) skorelowana z lepkością początkową i maksymalną 15-procentowych kleików mąk pszennych oraz wartością *setback*. Nie stwierdzono natomiast istotnych korelacji ($p = 0,05$) pomiędzy pozostałymi cechami pieczywa, tj. upiekiem, wydajnością pieczywa i wilgotnością miękiszu a właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych.

Słowa kluczowe: zabiegi agrotechniczne, mąka pszenna, skrobia, lepkość pozorna, wartość wypiekowa

Wprowadzenie

Wartość wypiekowa mąki oceniana jest za pomocą metod pośrednich i bezpośrednich. W metodach pośrednich określa się skład chemiczny oraz cechy fizyczne mąki. Metody bezpośrednie polegają na próbnym wypieku laboratoryjnym i ocenie otrzymanego pieczywa. Z reguły pomiędzy wynikami jednej i drugiej oceny istnieją określone zależności. Wyniki niektórych badań wskazują jednak, że zależnie od rodzaju surowca nie zawsze możliwe jest określenie bezpośredniej zależności między tymi ocenami [16]. W ocenie cech fizycznych mąki znaczną rolę przypisuje się właściwościom reologicznym ciasta. Dominującym składnikiem mąki jest skrobia i należy oczekiwać, że będzie ona miała duży wpływ na zmiany właściwości reologicznych [23]. Jednym ze sposobów oceny właściwości reologicznych skrobi jest badanie zmian lepkości w czasie ogrzewania i chłodzenia wodnych kleików [6, 22]. Podstawowymi parametrami reologicznymi, które mogą zostać wyznaczone, są: lepkość początkowa (*initial viscosity*), maksymalna (*peak viscosity*), lepkość po osiągnięciu temperatury maksymalnej i po przetrzymaniu w tej temperaturze przez założony czas oraz lepkość końcowa (*final viscosity*). Określa się także różnicę pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików, tzw. *breakdown*, oraz różnicę pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików, tzw. *setback* [22]. Każdy z powyższych parametrów może wskazywać na inne właściwości skrobi [9, 22, 25]. Różnice w zachowaniu dyspersji skrobi, w szczególności zmiany lepkości w fazie ogrzewania i chłodzenia kleików, mogą wskazywać na potencjalne wykorzystanie danego surowca [6].

Celem przeprowadzonych badań było określenie zależności pomiędzy właściwościami reologicznymi kleików mąk pszennych a cechami pieczywa otrzymanego w wyniku wypieku laboratoryjnego. Wykazanie także wpływu dwóch poziomów agrotechniki w czasie uprawy wybranych odmian pszenicy na zmiany właściwości reologicznych wodnych kleików pszennych.

Material i metody badań

Material doświadczalny stanowiły mąki pszenne otrzymane w wyniku przemiału laboratoryjnego ziarna 6 odmian pszenicy ('Parabola', 'Alcazar', 'Profilus', 'Finezja', 'Monsun', 'Adagio'). Odmiany ziarna pszenicy pochodziły z Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), ze Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian Ciecibór – Punkt Doświadczalny Czesławice (zbiory 2012). Odmiany te uprawiano przy zastosowaniu dwóch poziomów agrotechniki A1 (poziom agrotechniczny podstawowy) i A2 (poziom agrotechniczny zaawansowany). W poziomie A2 stosowano zwiększoną dawkę nawożenia azotowego o 40 kg/ha w stosunku do poziomu A1 oraz nawożenie dolistne preparatami wieloskładnikowymi. Dodatkowo poziom A2

charakteryzował się zwiększoną ochroną chemiczną, w której oprócz herbicydów i insektycydów zastosowano także fungicydy.

Mąki pszenne otrzymano w wyniku przemiału laboratoryjnego. Ziarno pszenicy przed przemiałem nawilżano do 15,5 %, kondycjonowano przez 24 h oraz dowilżano powierzchniowo bezpośrednio przed przemiałem. W pierwszym etapie ziarno przemielano w młynie śrutującym (młyn laboratoryjny 5-walcowy, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). Otrzymane kaszki po rozfrakcjonowaniu na kaszki grube i drobne wymielano w dwóch młynach wymielających, stosując walce gładkie o stopniowo zacieśnianej szczelinie roboczej do 100 μm (młyn walcowy Typ SK, Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, Bydgoszcz, Polska). W uzyskanej mące pszennej oznaczano wilgotność i zawartość związków mineralnych w postaci popiołu [1] oraz zawartość glutenu mokrego i jego cechy: wilgotność, rozplywalność i elastyczność [20], a także liczbę opadania mąki [21]. Liczbę glutenową obliczano z równania:

$$\text{LG} = a (2 - 0,065 R),$$

gdzie:

a - zawartość mokrego glutenu [%],

R - rozplywalność mokrego glutenu [mm].

Pomiary lepkości pozornej wykonywano, stosując 15-procentowe (m/m) zawiesiny mąk pszennych w wodzie destylowanej. Zawiesiny ogrzewano w łaźni wodnej wstrząsanej (Elpan typ 357, Polska, częstotliwość 200 obr./min, amplituda 3) od temp. 25 do 95 °C, przetrzymywano w temp. 95 °C przez 15 min, po czym chłodzono do 25 °C. W czasie ogrzewania i chłodzenia zachowano stały gradient temp.: 1 °C/min. Pomiary lepkości wykonywano po każdorazowej zmianie temperatury o 10 °C, określając lepkość początkową w temp. 25 °C, lepkość maksymalną w fazie ogrzewania (*peak viscosity*), lepkość w temp. 95 °C i po 15-minutowym przetrzymaniu w tej temperaturze oraz lepkość końcową po wychłodzeniu kleików do temp. 25 °C (*final viscosity*). Określano różnicę pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików (*breakdown*) oraz różnicę pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików (*setback*). Pomiary lepkości pozornej wykonywano przy użyciu reometru rotacyjnego (Mettler Rheomat RM 180, oprogramowanie RSI Orchestrator, wersja V6.5.8.), stosując jako system pomiarowy współosiowy układ cylindrów (średnice cylindrów: 32,54 mm i 30 mm). Stosowano stały gradient prędkości ścinania 1200 s^{-1} . Pomiary lepkości każdej próbki wykonywano w trzech powtórzeniach.

Ciasto pszenne wytwarzano metodą bezpośrednią według zmodyfikowanej metody Instytutu Piekarstwa (Berlin) [10]. Z mąki pszennej, drożdży (3 % w stosunku do masy mąki), soli (1,5 % w stosunku do masy mąki) oraz wody przygotowywano w mieszarce mechanicznej (mieszarka elektroniczna, typ ML-300, ZBPP Bydgoszcz,

Polska) ciasto o wydajności 160 %. Czas mieszenia – 10 min. Ciasto poddawano fermentacji trwającej 90 min w temp. 32 °C (piec laboratoryjny z komorą fermentacyjną, typ PL-10, PZUO Warma, Polska, wilgotność względna 75 - 80 %). Następnie ciasto dzielono na kęsy o masie 250 g i poddawano kolejnej fermentacji do uzyskania pełnej dojrzałości (ok. 50 min). Wypiek prowadzono w piecu laboratoryjnym (jak wyżej) w temp. 230 °C przez 30 min. Z każdej próby ciasta wypiekano 5 bochenków. Po wyjęciu z pieca pieczywo ważono i pozostawiano do wystygnięcia przez 24 h. Ocena obejmowała określenie wydajności pieczywa, upieku i wilgotności mięksiszu [10] oraz oznaczenie objętości pieczywa [19] w przeliczaniu na 100 g mąki [10].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu statystycznego SAS ver. 9.2. Obliczano wartości średnie, odchylenia standardowe oraz szacowano istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi (test Duncana, $p = 0,05$). Obliczano także współczynniki korelacji liniowej Pearsona ($p = 0,05$) pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszenicznych a cechami otrzymanego pieczywa. Zależności pomiędzy cechami otrzymanego pieczywa a właściwościami reologicznym dyspersji mąk pszenicznych obliczano na podstawie analizy regresji wielokrotnej. Modele dopasowywano metodą możliwych regresji, eliminowano modele, w których występowały zmienne niezależne o wysokim wzajemnym skorelowaniu. Kryterium wyboru konkretnego modelu była wartość współczynnika determinacji R^2 oraz R^2 skorygowany. Wybrane modele sprawdzono metodą regresji krokowej wstecznej, w celu uzyskania modelu zawierającego tylko zmienne niezależne istotne.

Wyniki i dyskusja

Wydajność mąki oraz zawartość popiołu (popiołowość) są podstawowymi wskaźnikami stosowanymi do oceny właściwości przemiałowych ziarna pszenicy. Wyciągi mąki uzyskanej z przemiału wybranych 6 odmian pszenicy wynosiły od 59 do 72 %, a ich popiołowość zawierała się w zakresie $0,446 \div 0,679$ % (tab. 1). Największy wyciąg mąki otrzymano z ziarna pszenicy odmiany 'Finezja' (A1), a najmniejszy – z ziarna pszenicy odmiany 'Profilus' (A1) oraz 'Monsun' (A2). Średni wyciąg mąki z pszenicy grupy A1 (64,2 %) był większy od średniego wyciągu mąki z pszenicy grupy A2 (61,5 %), różnice te były jednak statystycznie nieistotne ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono także jednoznacznego wpływu zwiększonego nawożenia azotowego na popiołowość uzyskiwanych mąk.

Zwiększenie poziomu nawożenia azotowego może wpływać na zwiększenie zawartości białka ogólnego w ziarnie. Większej zawartości białka zwykle towarzyszy wzrost udziału frakcji glutenowych, jednak jakość glutenu może ulec obniżeniu [3]. W badaniach własnych zawartość glutenu mokrego wymytego z mąk pszenicznych była istotnie ($p \leq 0,05$) zróżnicowana i wynosiła od 19,39 do 31,23 %. Podobne zróżnicowanie

wanie wystąpiło w przypadku liczby glutenowej ($34,8 \div 50,62$) – tab. 1. Brak jest jednak prostej zależności pomiędzy poziomem agrotechniki a badanymi cechami. W przypadku czterech odmian ('Parabola', 'Finezja', 'Monsun', 'Adagio') większą zawartość glutenu mokrego i wartość liczby glutenowej zaobserwowano w mąkach otrzymanych z ziarna pszenic uprawianych na poziomie agrotechniki A2 (tab. 1). Największą zawartością glutenu oraz wartością liczby glutenowej wyróżniała się mąka otrzymana z pszenicy odmiany 'Finezja' (A2). Średnia zawartość glutenu mokrego w mąkach z ziarna pszenic grupy A2 (25,50 %) była większa od wartości tego parametru w mąkach z pszenic grupy A1 (24,17 %), jednak różnice te były statystycznie nieistotne ($p \leq 0,05$). Podobnie Knapowski i wsp. [13] nie wykazali wpływu dawki nawożenia azotowego na zawartość glutenu mokrego. W badaniach własnych nie stwierdzono także statystycznie istotnej ($p \leq 0,05$) różnicy pomiędzy średnią wartością liczby glutenowej mąk z pszenic grupy A1 i A2 (odpowiednio 40,36 i 42,70).

Aktywność amylolityczna mąki wyrażona liczbą opadania była zróżnicowana i kształtowała się od 144 do 432 s (tab. 1). Niskie wartości liczby opadania stwierdzone w mąkach z ziarna pszenicy 'Parabola' (A1), 'Alcazar' (A2), 'Profilus' (A2) i 'Parabola' (A2) świadczą o wysokiej ich aktywności amylolitycznej. Najwyższe wartości liczby opadania wystąpiły w mąkach z pszenic odmian 'Adagio' (A1) i 'Monsun' (A2). Średnia wartość liczby opadania mąk z pszenic grupy A1 wynosiła 263,5 s, natomiast mąk z pszenic grupy A2 – 270 s. Różnice były jednak statystycznie nieistotne ($p \leq 0,05$). Podobny brak wpływu dawki nawożenia azotowego na wartość liczby opadania mąki stwierdzili Knapowski i wsp. [13].

Mąka pszenna, przeznaczona do wypieku pieczywa, powinna charakteryzować się średnią aktywnością amylolityczną, najlepiej w zakresie 200 - 280 s [8]. Przy wysokiej aktywności amylolitycznej mąki otrzymane pieczywo może charakteryzować się nieelastycznym i lepkiem miększem oraz mocno zabarwioną i odstającą skórką [5]. Z drugiej strony zbyt niska aktywność amylolityczna mąki może prowadzić do otrzymania pieczywa o małej objętości, bladej skórce oraz suchym i kruszącym się miększu [18].

Lepkość początkowa badanych kleików mąk pszennych zawierała się w przedziale $0,0074 \div 0,0127$ Pa·s (poziomy A1, A2) – tab. 2. Stwierdzono statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) zmniejszenie lepkości początkowej wodnych kleików mącznych z ziarna pszenic uprawianych w zaawansowanym poziomie agrotechniki (A2). Wzrost lepkości w czasie ogrzewania zawiesin mącznych jest spowodowany zwiększającą się zdolnością skrobi do absorpcji wody i pęcznienia oraz rozpoczynającym się procesem kleikowania [9]. Temperatura kleikowania badanych zawiesin pszennych mieściła się w zakresie $50 \div 60$ °C (rys. 1 i 2). Dalszy wzrost temperatury prowadził do wzrostu ich lepkości aż do osiągnięcia lepkości maksymalnej w fazie ogrzewania. Najwyższe wartości lepkości maksymalnej wykazały 15-procentowe wodne kleiki mączne z pszenic

Tabela 1. Charakterystyka mąk pszennych.
Table 1. Profile of wheat flours.

Wskaźnik Index	Odmiana pszenicy Wheat cultivars													
	Podstawowy poziom agrotechniki (A1) Basic level of agricultural technology (A1)							Zaawansowany poziom agrotechniki (A2) Advanced level of agricultural technology (A2)						
	Parabola A1	Alcazar A1	Profilus A1	Finezja A1	Monsum A1	Adagio A1	Parabola A2	Alcazar A2	Profilus A2	Finezja A2	Monsum A2	Adagio A2		
Wyciąg mąki Flour yields [%]	61 ^{ef} ± 1	69 ^b ± 1	59 ^{gh} ± 1	72 ^a ± 2	62 ^{de} ± 1	63 ^{cd} ± 1	61 ^{ef} ± 2	63 ^{cd} ± 0	57 ^h ± 1	59 ^{fe} ± 1	64 ^{cd} ± 3			
Wilgotność mąki Moisture of flour [%]	13,83 ^{cd} ± 0,11	12,46 ^f ± 0,08	13,61 ^d ± 0,27	13,14 ^e ± 0,03	13,16 ^e ± 0,76	14,16 ^c ± 0,2	14,21 ^c ± 0,06	14,73 ^b ± 0,07	15,23 ^a ± 0,06	14,72 ^b ± 0,07	15,02 ^{ab} ± 0,07			
Zawartość popiołu Content of ash in flour [%]	0,639 ^b ± 0,001	0,483 ^h ± 0	0,566 ^c ± 0	0,531 ^d ± 0,002	0,504 ^g ± 0,001	0,524 ^e ± 0,001	0,679 ^a ± 0,001	0,483 ^h ± 0,001	0,459 ^j ± 0,001	0,511 ⁱ ± 0	0,446 ^k ± 0,003			
Zawartość Content [%]	20,47 ^g ± 0,41	27,37 ^c ± 0,04	22,66 ^e ± 0,05	27,59 ^c ± 0,08	19,39 ^h ± 0,05	27,56 ^c ± 0,29	22,86 ^e ± 0,08	26,88 ^d ± 0,04	21,7 ⁱ ± 0,13	20,82 ^g ± 0,23	29,5 ^b ± 0,39			
Wilgotność Moisture [%]	58,1 ⁱ ± 0,9	64,4 ^{bc} ± 1,2	61,1 ^{de} ± 1,8	61,4 ^d ± 1	63,4 ^c ± 0,3	64,6 ^{bc} ± 2	59,3 ^{ef} ± 0,5	65,9 ^{ab} ± 0,8	63,7 ^c ± 0,5	60,4 ^{de} ± 0,9	66,9 ^a ± 0,4			
Rozplywalność Spreadability [mm]	2,8 ^f ± 0,3	5,3 ^c ± 0,6	4 ^d ± 0	5,3 ^c ± 0,3	3,2 ^{ef} ± 0,3	8,5 ^a ± 0	3,7 ^{de} ± 0,6	6,5 ^b ± 0,5	4 ^d ± 0	3,2 ^{ef} ± 0,3	5,8 ^c ± 0,3			
Liczba glutenowa Gluten number [-]	37,18	45,24	39,42	45,61	34,80	39,90	40,27	42,41	37,75	37,55	47,81			
Liczba opadania Falling number [s]	144 ± 1i	184 ^g ± 10	225 ^f ± 9	295 ^d ± 12	331 ^c ± 8	402 ^b ± 15	180 ^e ± 4	162 ^h ± 10	170 ^{gh} ± 8	432 ^a ± 5	398 ^b ± 13			

Objasnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviations; n = 3;

*lepkość po 15 min / viscosity after 15 min;

wartości średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie (p ≤ 0,05) / mean values in rows and denoted with the same letters do not differ statistically significantly (p ≤ 0,05).

Tabela 2. Lepkość pozorna 15-procentowych wodnych kleików mąk pszenicznych.
Table 2. Apparent viscosity of 15 % water slurries of wheat flours.

Lepkość pozorna Apparent viscosity [Pa·s]	Odmiana pszenicy / Wheat cultivars													
	Podstawowy poziom agrotechniki (A1) Basic level of agricultural technology (A1)							Zaawansowany poziom agrotechniki (A2) Advanced level of agricultural technology (A2)						
	Parabola A1	Alcazar A1	Profilus A1	Finezja A1	Monsun A1	Adagio A1	Parabola A2	Alcazar A2	Profilus A2	Finezja A2	Monsun A2	Adagio A2		
Początkowa Initial	0,0115 ^b ± 0,0002	0,0111 ^c ± 0,0002	0,0127 ^a ± 0,0002	0,0087 ^f ± 0,0003	0,0089 ^f ± 0,0002	0,0108 ^d ± 0,0002	0,0087 ^f ± 0,0001	0,0089 ^f ± 0,0001	0,0102 ^e ± 0,0002	0,0076 ^h ± 0,0001	0,0074 ⁱ ± 0,0001	0,0079 ^g ± 0,0001		
Maksymalna Peak viscosity	0,0151 ^h ± 0,0001	0,0181 ^f ± 0,0003	0,0234 ^d ± 0,0002	0,0228 ^e ± 0,0002	0,0365 ^c ± 0,0002	0,0433 ^b ± 0,0002	0,0115 ^j ± 0,0001	0,0137 ⁱ ± 0,0001	0,016 ^g ± 0,0001	0,0227 ^e ± 0,0005	0,0538 ^a ± 0,0007	0,0361 ^c ± 0,0005		
W temp. 95 °C Att = 95 °C	0,0075 ^h ± 0,0003	0,0071 ^{hi} ± 0,0002	0,0093 ^g ± 0,0003	0,0142 ^e ± 0,0001	0,0254 ^d ± 0,0002	0,0344 ^b ± 0,0003	0,0067 ⁱ ± 0,0002	0,0059 ^j ± 0,0002	0,0069 ⁱ ± 0,0002	0,0119 ^f ± 0,0003	0,0518 ^a ± 0,0008	0,0275 ^c ± 0,0002		
W temp. 95 °C * Att = 95 °C *	0,0077 ^h ± 0,0003	0,007 ^{ij} ± 0,0002	0,0096 ^g ± 0,0003	0,0144 ^e ± 0,0002	0,0256 ^d ± 0,0001	0,0329 ^b ± 0,0002	0,0068 ^j ± 0,0002	0,0064 ^k ± 0,0002	0,0072 ⁱ ± 0,0002	0,0122 ^f ± 0,0003	0,0626 ^a ± 0,0003	0,0283 ^c ± 0,0001		
Końcowa Final	0,0138 ^h ± 0,0003	0,0175 ^g ± 0,0001	0,0188 ^f ± 0,0005	0,032 ^e ± 0,0004	0,0697 ^d ± 0,0006	0,0823 ^c ± 0,0007	0,0169 ^g ± 0,0003	0,0143 ^h ± 0,0002	0,0178 ^{fg} ± 0,0002	0,0327 ^e ± 0,0005	0,273 ^a ± 0,0026	0,0888 ^b ± 0,0007		
Breakdown**	0,0076	0,0111	0,0141	0,0087	0,0111	0,0104	0,0048	0,0078	0,0092	0,0108	0,0019	0,0086		
Setback***	0,0063	0,0105	0,0095	0,0179	0,0443	0,0494	0,0102	0,0083	0,0109	0,0208	0,2212	0,0613		

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviations; n = 3;

*lepkość po 15 min / viscosity after 15 min,

** – *breakdown*: różnica pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików / difference between peak viscosity and minimum viscosity;

*** – *setback*: różnica pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików / difference between final viscosity and minimum viscosity;

wartości średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in the rows and denoted with the same letters do not differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

odmian ‘Adagio’ i ‘Monsun’, niezależnie od poziomu agrotechniki (tab. 2). Wysoka wartość lepkości maksymalnej może wskazywać na dużą zdolność pęcznienia skrobi [6, 9, 22, 25]. Pod względem oceny właściwości reologicznych ważny jest także czas, po którym osiągnięta zostaje lepkość maksymalna. Dłuższy czas może oznaczać mniejszą szybkość absorpcji wody i pęcznienia skrobi [22]. Z badań własnych wynika, że najniższe wartości lepkości maksymalnej stwierdzono w przypadku 15-procentowych zawiesin mąk z ziarna pszenic odmian ‘Parabola’, ‘Alkazar’ i ‘Profilus’, uprawianych na poziomie agrotechniki A2 (tab. 2). Niskie wartości lepkości maksymalnej mogą wskazywać na depolimeryzację skrobi w wyniku działania enzymów amylolitycznych, co potwierdzają wartości liczby opadania mąk otrzymanych z ziarna tych pszenic (tab. 1).

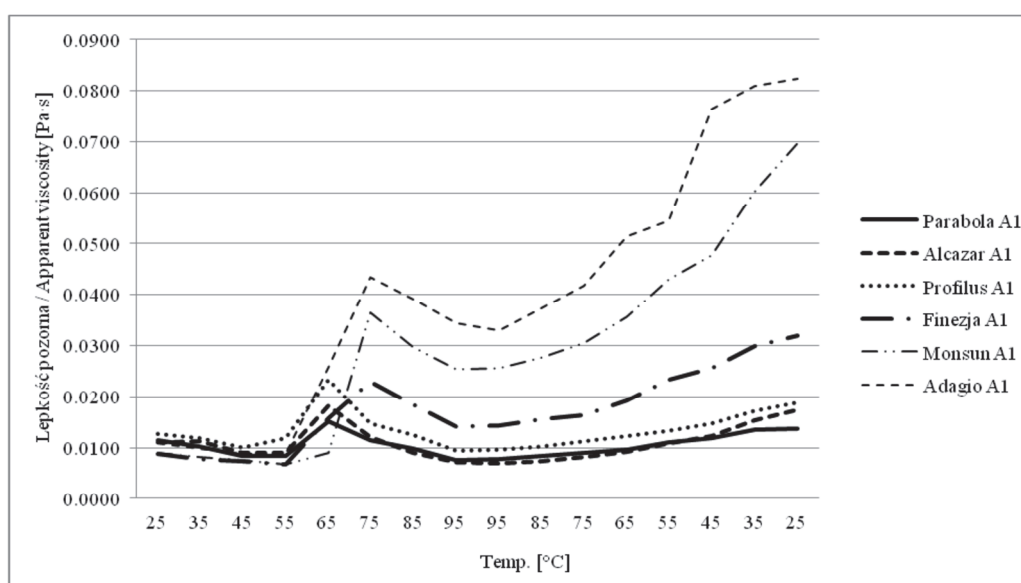
Singh i wsp. [25], Konopka i wsp. [14] oraz Blazek i Copeland [2] sugerują, że na lepkość maksymalną wpływ wywiera także stosunek amylozy do amylopektyny w skrobi. Skrobie o większej zawartości amylopektyny cechują się wyższą lepkością maksymalną, co przypisywane jest większej zdolności jej pęcznienia w wodzie w trakcie podgrzewania kleików [22, 24]. Odmienne wyniki przedstawiają Gupta i wsp. [9]. Wykazali oni dodatnią korelację pomiędzy maksymalną lepkością kleików skrobi jęczmiennej, pszennej, kukurydzianej i ryżowej a zawartością amylozy. Według Sahlströma i wsp. [23] oraz Yoo i Jane [28] istotny wpływ na lepkość maksymalną kleików ma dodatkowo zawartość kompleksów amylozowo-lipidowych – zwiększenie ich zawartości może być przyczyną obniżenia lepkości maksymalnej.

Przedstawione wyniki wskazują, że wzrost temperatury kleików mąk pszennych, po osiągnięciu lepkości maksymalnej, prowadził do zmniejszenia ich lepkości (rys. 1 i 2). Przypisywane jest to zrywaniu wiązań wodorowych w strukturach amylozy i amylopektyny [9, 22]. Ten etap, określany jako *breakdown*, pozwala na ocenę odporności skrobi na działanie wysokich temperatur i sił mechanicznych. We wszystkich badanych 15-procentowych wodnych kleikach mąk pszennych nastąpiło zmniejszenie lepkości pozornej wraz ze wzrostem temp. do 95 °C. Wartości *breakdown* badanych kleików mącznych zawierały się w przedziale 0,0019 ÷ 0,0141 Pa·s. W większości badanych kleików nie stwierdzono natomiast istotnych ($p \leq 0,05$) zmian lepkości pozornej w trakcie ich przetrzymywania w temp. 95 °C przez 15 min (tab. 2).

W fazie chłodzenia kleików mąk pszennych od temp. 95 do 25 °C (lepkość końcowa) zaobserwowano istotny ($p \leq 0,05$) wzrost lepkości pozornej, wynikający z ponownej orientacji łańcuchów amylozy i powstawania struktury żelu (tab. 2). Faza ta, tzw. *setback*, jest wykorzystana do oceny zdolności skrobi do retrogradacji. Niska wartość *setback* wskazuje na małą zdolność skrobi do retrogradacji [22, 24]. Największe wartości zarówno lepkości końcowej, jak i *setback* dotyczyły kleików mąk z pszenic ‘Adagio’ (A2) i ‘Monsun’ (A2), najmniejsze – kleików mąk z pszenic odmian ‘Parabola’ (A1), ‘Alkazar’ (A2) i ‘Profilus’ (A1) (tab. 2). Dodatkowo dyspersje mąk z pszeni-

cy odmian ‘Adagio’ i ‘Monsun’ wykazywały największe różnice pomiędzy lepkością końcową a początkową (rys. 1 i 2).

Cechą wspólną większości badanych 15-procentowych wodnych kleików mąki pszennej było obniżenie wartości *breakdown* oraz wzrost wartości *setback* wraz ze zmianą poziomu agrotechniki z A1 na A2 w czasie uprawy pszenic. Wskazuje to na zwiększenie oporności skrobi na działanie wysokich temperatur i równocześnie sugeruje zwiększenie stopnia retrogradacji skrobi. Zarzycki i wsp. [29] wykazali także, że poziom agrotechniki może mieć wpływ na intensywność zmian właściwości reologicznych zachodzących w czasie przechowywania mąki.

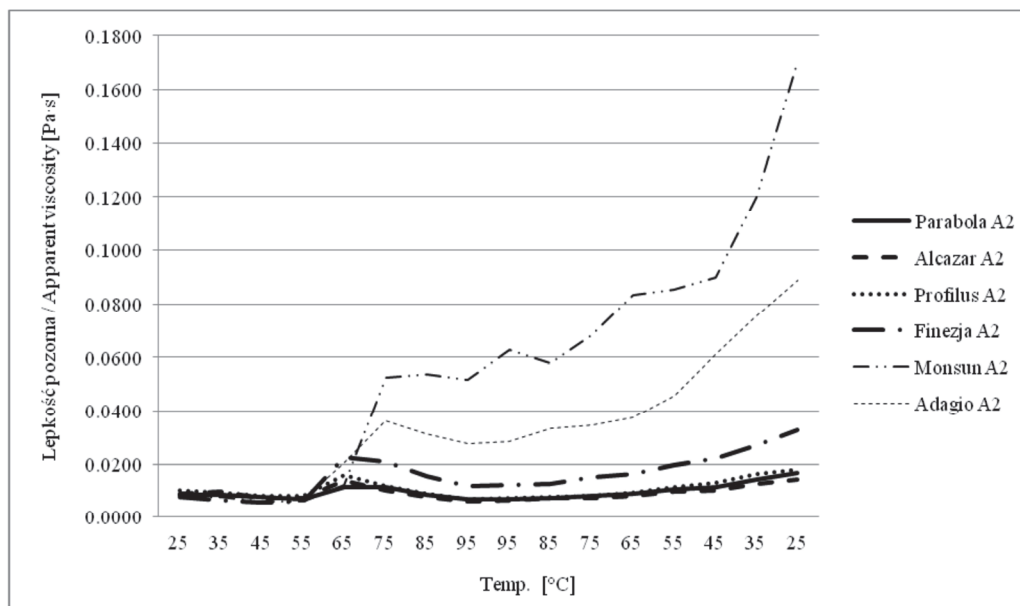


Rys. 1. Krzywe kleikowania 15-procentowych wodnych dyspersji mąk pszennych – podstawowy poziom agrotechniki (A1).

Fig 1. Pasting curves of 15 % water dispersions of wheat flours – basic level of agricultural technology (A1).

Analizę związków korelacyjnych pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych przedstawiono w tab. 3. Stwierdzono m.in. istotną ($p = 0,05$) korelację pomiędzy lepkością maksymalną a liczbą opadania ($r = 0,94$), co jest zgodne z wynikami badań innych autorów [17, 29, 30, 4]. Według Stępniewskiej [26] poziom aktywności enzymów amylolitycznych może być charakteryzowany zarówno liczbą opadania, jak i maksymalną lepkością kleików. Spostrzeżenie takie potwierdzono w niniejszej pracy. Odnotowano także wysoką korelację pomiędzy obliczoną wartością *setback* a lepkością końcową ($r = 0,99$) oraz *setback* a lepkością mierzoną w temp. 95 °C ($r = 0,95$). Ragaee i Abdel [22] wykazali także

dotadnią korelację pomiędzy lepkością maksymalną kleików a wartością *breakdown*. Nie potwierdzono jednak takiej korelacji w niniejszej pracy (tab. 3).



Rys. 2. Krzywe kleikowania 15-procentowych wodnych dyspersji mąk pszennych – zaawansowany poziom agrotechniki (A2).

Fig. 2. Pasting curves of 15 % water dispersions of wheat flours – advanced level of agricultural technology (A2).

Pieczywo pszenne otrzymane podczas wypieków laboratoryjnych cechowało się zróżnicowaną jakością (tab. 4). Wydajność pieczywa zawierała się w zakresie 134 ÷ 147 %. Największą wydajnością cechowało się pieczywo z pszenic odmian ‘Profilus’ i ‘Alcazar’, uprawianych na poziomach agrotechniki odpowiednio: A1 i A2, najmniejszą zaś pieczywo z pszenicy odmiany ‘Alcazar’ – poziom agrotechniki A1. Upiek był istotnie ($p \leq 0,05$) zróżnicowany i kształtował się od 6,5 do 12,7 %. Objętość pieczywa w przeliczeniu na 100 g mąki wahała się od 371 do 586 cm³, a wilgotność miękiszu – od 43,3 do 46,5 % (tab. 4). Analiza uzyskanych wyników wskazuje na nieznacznie większą wydajność pieczywa oraz mniejszy upiek i objętość pieczywa w przypadku chleba otrzymanego z pszenic uprawianych na zaawansowanym poziomie agrotechniki (A2).

Tabela 3. Zestawienie współczynników korelacji Pearsona pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych.

Table 3. List of Pearson coefficients of correlations among rheological properties of 15 % water slurries of wheat flours.

Wskaźnik Index		Liczba opadania Falling number [s]	Lepkość pozorna / Apparent viscosity					
			początkowa initial	maksymalna peak viscosity	w temp. 95 °C at t = 95 °C	w temp. 95 °C** at t = 95 °C**	końcowa final	<i>breakdown</i>
Lepkość pozorna Apparent viscosity	początkowa initial	-0,46	-	-	-	-	-	-
	maksymalna peak viscosity	0,94*	-0,32	-	-	-	-	-
	w temp. 95 °C at t = 95 °C	0,92*	-0,41	0,98*	-	-	-	-
	w temp. 95 °C ** at t = 95 °C **	0,87*	-0,44	0,95*	0,99*	-	-	-
	końcowa final	0,77*	-0,48	0,87*	0,94*	0,98*	-	-
<i>Breakdown***</i>		-0,17	0,58*	-0,21	-0,41	-0,47	-0,59*	-
<i>Setback****</i>		0,73*	-0,48	0,84*	0,91*	0,95*	0,99*	-0,62*

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* współczynnik korelacji statystycznie istotny na poziomie $p = 0,05$ / statistically significant correlation coefficient $p = 0.05$;

** – lepkość po 15 min / viscosity after 15 min;

*** – *breakdown*: różnica pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików / difference between peak viscosity and minimum viscosity of hot slurries;

**** – *setback*: różnica pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików / difference between final viscosity and minimum viscosity of hot slurries.

Wykazano statystycznie istotną ($p = 0,05$) ujemną korelację pomiędzy liczbą opadania a objętością pieczywa oraz lepkością maksymalną a objętością pieczywa (tab. 5). Wskazuje to na istotny wpływ aktywności amylolitycznej na objętość pieczywa, co stanowi potwierdzenie wyników badań wcześniejszych [5, 18, 26]. Wartości współczynników korelacji pomiędzy właściwościami reologicznymi kleików mąk pszennych (lepkość maksymalna, końcowa, *setback*) a objętością pieczywa (tab. 5) wskazują na możliwość wykorzystania tych cech do oceny wartości wypiekowej mąki. Przeprowadzone badania nie wykazały natomiast istotnych ($p = 0,05$) korelacji pomiędzy pozono-

stałymi cechami pieczywa a właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych (tab. 5). Brak prostych zależności potwierdza kompleksowy wpływ wielu różnych czynników związanych zarówno z jakością mąki, jak i procesem technologicznym na cechy otrzymanego pieczywa [7, 11, 12, 15, 16, 27].

Tabela 4. Właściwości fizyczne pieczywa pszennego.

Table 4. Physical properties of wheat breads.

Odmiana pszenicy Wheat cultivars	Wydajność pieczywa Yield of breads [%]	Upiek Baking loss [%]	Objętość pieczywa ze 100g mąki Volume of a loaf made with 100g of flour [cm ³]	Wilgotność miękkiszu Crumb moisture [%]
Parabola A1	140,5 ^c ± 1,0	10,6 ^c ± 0,4	487 ^{bcd} ± 3	44,5 ^{cde} ± 0,7
Alcazar A1	134,4 ^d ± 1,3	12,7 ^a ± 0,8	580 ^a ± 31	44,1 ^{def} ± 0,2
Profilus A1	147,4 ^a ± 0,9	6,5 ⁱ ± 0,4	586 ^a ± 11	43,8 ^{ef} ± 0,3
Finezja A1	135,4 ^d ± 0,5	11,8 ^b ± 0,4	460 ^{de} ± 8	44,6 ^{cde} ± 0,2
Monsun A1	143,5 ^b ± 0,3	8,2 ^{fg} ± 0,1	386 ^f ± 4	44,5 ^{cde} ± 0,3
Adagio A1	141,5 ^c ± 1,1	10,7 ^c ± 0,5	512 ^b ± 16	45,4 ^{bc} ± 0,2
Parabola A2	140,9 ^c ± 0,5	9,5 ^{de} ± 0,3	488 ^{bcd} ± 15	44,8 ^{cde} ± 0,4
Alcazar A2	147,4 ^a ± 0,7	10,1 ^{cd} ± 0,4	581 ^a ± 25	43,3 ^f ± 0,1
Profilus A2	146,4 ^a ± 0,5	6,9 ^{hi} ± 0,3	499 ^{bc} ± 25	44,4 ^{cdef} ± 0,4
Finezja A2	143,3 ^b ± 1,0	8,9 ^{ef} ± 0,7	451 ^e ± 8	46,0 ^{ab} ± 0,1
Monsun A2	146,5 ^a ± 0,7	7,7 ^{gh} ± 0,5	371 ^f ± 9	45,0 ^{bcd} ± 0,6
Adagio A2	141,6 ^c ± 0,6	9,9 ^{cd} ± 0,4	478 ^{cde} ± 17	46,5 ^a ± 1,7

Objaśnienia: / Explanatory notes:

w tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / table shows mean values ± standard deviations; n = 5; wartości średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) / mean values in columns and denoted by the same letters do not differ statistically significantly ($p \leq 0.05$); A1 – podstawowy poziom agrotechniki / basic level of agricultural technology; A2 – zaawansowany poziom agrotechniki / advanced level of agricultural technology.

Przeprowadzono również analizę regresji wielokrotnej, w której oprócz właściwości reologicznych 15-procentowych kleików mąk pszennych (lepkość początkowa i maksymalna, *setback*, *breakdown*) uwzględniono także inne właściwości mąki, takie jak wyciąg, popiołowość i zawartość glutenu. Przy doborze zmiennych objaśniających istotnymi kryteriami były: zachowanie prostoty modelu oraz włączenie właściwości reologicznych, które w szerokim zakresie określają właściwości skrobi. Analiza

Tabela 5. Zestawienie współczynników korelacji Pearsona pomiędzy właściwościami mąki pszennej a cechami pieczywa pszennego.

Table 5. List of Pearson coefficients of correlations among characteristics of wheat flour and of wheat breads.

Wskaźnik Index		Wydajność pieczywa Yield of breads	Upiek Baking loss	Objętość pieczywa ze 100 g mąki Volume of a loaf made with 100 g of flour	Wilgotność miękiszu Crumb moisture
Wyciąg Flour yields		-0,80*	0,83*	0,09	0,12
Wilgotność Flour moisture		0,63*	-0,48	-0,19	0,44
Zawartość popiołu Content of ash in flour		-0,14	0,06	0,04	-0,23
Gluten	Zawartość Content	-0,34	0,49	0,30	0,44
	Wilgotność Moisture	0,06	0,14	0,25	0,19
	Rozpływalność Spreadability	-0,16	0,44	0,39	0,23
Liczba glutenowa Gluten number [-]		-0,39	0,44	0,21	0,46
Liczba opadania Falling number		0,04	-0,10	-0,59*	0,64*
Lepkość pozorna Apparent viscosity	początkowa initial	-0,06	0,02	0,66*	-0,50
	maksymalna peak viscosity	0,17	-0,20	-0,59*	0,46
	w temp, 95 °C at t = 95 °C	0,17	-0,17	-0,64*	0,46
	w temp, 95 °C ** at t = 95 °C **	0,21	-0,21	-0,66*	0,42
	końcowa final	0,25	-0,26	-0,64*	0,34
<i>Breakdown***</i>		-0,08	-0,03	0,48	-0,13
<i>Setback****</i>		0,27	-0,27	-0,63*	0,31

Objaśnienia jak pod tab. 3. / Explanatory notes as in Tab. 3.

uzyskanych równań wskazuje, że właściwości reologiczne wodnych kleików z mąk pszennych, przy uwzględnieniu innych cech mąki, mogą być wykorzystane do prognozowania cech pieczywa pszennego, m.in. objętości i wydajności. Ze względu na obję-

tość pieczywa pożądana jest wysoka lepkość początkowa oraz niska lepkość maksymalna i końcowa. Wysoka lepkość początkowa może wywierać niekorzystny wpływ na wydajność pieczywa; wskazuje na to standaryzowany współczynnik regresji dla tej zmiennej, w przedstawionym modelu przyjmujący wartość ujemną. Poniżej przedstawiono równania, w których uzyskano jednocześnie wysokie wartości R^2 i R^2 skorygowanego.

Równanie dotyczące objętości pieczywa ma postać ($R^2 = 0,78$):

$$Op = 73,1 + 8,05Zg + 27677Lp - 1810Lm$$

Równanie dotyczące wydajności pieczywa ma postać ($R^2 = 0,76$):

$$Wp = 212 - 17Pm - 358Lp - 09Wm$$

gdzie:

Op - objętość pieczywa [cm^3],

Zg - zawartość glutenu [%],

Lp - lepkość początkowa (w temp. 25 °C) [$\text{Pa}\cdot\text{s}$],

Lm - lepkość maksymalna gorących kleików [$\text{Pa}\cdot\text{s}$],

Wp - wydajność pieczywa [%],

Pm - popiołowość mąki [%],

Wm - wyciąg mąki [%].

Wnioski

1. Nie wykazano jednoznacznego wpływu zwiększonej o 40 kg/ha dawki nawożenia azotowego, stosowanej w czasie uprawy pszenic, na wyciąg mąki, popiołowość, zawartość i jakość glutenu oraz liczbę opadania mąk pszennych.
2. Zwiększenie dawki nawożenia azotowego, w czasie uprawy pszenicy, miało wpływ na zmiany właściwości reologicznych 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych. Stwierdzono zmniejszenie lepkości początkowej, zmniejszenie różnicy pomiędzy lepkością maksymalną a lepkością minimalną gorących kleików (*breakdown*) oraz zwiększenie różnicy pomiędzy lepkością końcową a lepkością minimalną gorących kleików (*setback*) po zwiększeniu dawki nawożenia azotowego.
3. Stwierdzono wysoką dodatnią liniową korelację ($p = 0,05$) pomiędzy lepkością maksymalną 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych a liczbą opadania
4. Wykazano statystycznie istotne ($p = 0,05$) korelacje pomiędzy objętością pieczywa a właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąki pszennej. Ze względu na objętość pieczywa pszennej pożądana jest m.in. wysoka lepkość początkowa, niska lepkość maksymalna oraz końcowa 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych, jak również niska wartość *setback*.

5. Nie stwierdzono statystycznie istotnych liniowych korelacji ($p = 0,05$) pomiędzy właściwościami reologicznymi 15-procentowych wodnych kleików mąk pszennych a upiekaniem, wydajnością pieczywa oraz wilgotnością mięksiszu.

Literatura

- [1] AACC, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, American of Cereal Chemists, St, Paul, Minnesota, USA, 2000.
- [2] Blazek J., Copeland L.: Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylase content. *Carbohydrate Polymers*, 2008, **71**, 380-387.
- [3] Borkowska H., Grundas S., Styk B.: Influence of nitrogen fertilization of winter wheat on its gluten quality. *Int. Agrophysics*, 1999, **13**, 333-335.
- [4] Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Sobczyk M., Salwa M.: Wpływ przechowywania mąki pszennej na wartość wypiekową. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2012, **571**, 29-37.
- [5] Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T.: Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2004, **3 (2)**, 127-136.
- [6] Fortuna T., Gałkowska D., Juszcak L.: Porównanie właściwości reologicznych wybranych preparatów skrobi modyfikowanej. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2004, **3 (1)**, 21-32.
- [7] Gambuś H., Golachowski A., Nowotna A., Bala-Piasek A., Gumul D.: Wpływ dodatku ekstrudowanych otrąb na jakość chleba pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **4 (21)**, 128-140.
- [8] Gąsiorowski H.: Pszenica – chemia i technologia. Praca zbiorowa. PWRiL, Poznań 2004, ss. 118-121, 367-370.
- [9] Gupta M., Bawa A.S., Semwal A.D.: Morphological, thermal, pasting and rheological properties of barley starch and their blends. *Int. J. Food Properties*, 2009, **12**, 595-596.
- [10] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW, Warszawa 1981.
- [11] Kasprzak M., Rzedzicki Z.: Effect of pea seed coat admixture on physical properties and chemical composition of bread. *Int. Agrophysics*, 2010, **24**, 149-156.
- [12] Kasprzak M., Rzedzicki Z., Sykut-Domańska E.: Wpływ dodatku razówki owsianej na cechy jakościowe chleba pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **1 (74)**, 124-139.
- [13] Knapowski T., Ralcewicz M., Spychaj-Fabsiak E., Łożek O.: Ocena jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 2010, **27 (1)**, 73-80.
- [14] Konopka I., Fornal Ł., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D.: Statistical evaluation of different technological and rheological test soft Polish wheat varieties for bread volume prediction. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39**, 11-20.
- [15] Korus J., Achremowicz B.: Zastosowanie preparatów błonnikowych różnego pochodzenia jako dodatków do wypieku chlebów bezglutenowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1 (38)**, 65-73.
- [16] Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J.: Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkiszu (*Triticum pelta* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **2 (51)**, 60-71.
- [17] Noda T., Ichinose Y., Takigawa S., Matsuura-Endo Ch., Abe H., Satio K., Hashimoto N., Yamauchi H.: The casting properties of flour and starch in wheat grain damaged by α -amylase. *Food Sci. Technol. Res.*, 2003, **9 (4)**, 387-391.
- [18] Ostasiewicz A., Ceglińska A., Skowronek S.: Jakość pieczywa żytniego z dodatkiem zakwasów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **63 (2)**, 63-74.

- [19] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [20] PN-77/A-74041. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie ilości i jakości glutenu.
- [21] PN-ISO 3093:1996.Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
- [22] Ragaee S., Abdel-Aal E-S.M.: Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chem.*, 2006, **95**, 9-18.
- [23] Sahlström S., Bævre A.B., Bråthen E.: Impact of starch properties on hearth bread characteristics. II. Purified A- and B-granule fractions. *J. Cereal Sci.* 2003, **37**, 285-293.
- [24] Sathivel S., Ram A.K., Espinoza L., King J., Cueto R., Solval K.M.: Application of honey powder in bread and its effect on bread characteristics. *J. Food Process. Technol.*, 2013, **4(11)**, 279. DOI:10.4172/2157-7110.1000279.
- [25] Singh N., Singh J., Kaur L., Sodhi N.S., Gill B.S.: Morphologica, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem.*, 2003, **81**, 219-231.
- [26] Stępniewska S.: Zależność pomiędzy aktywnością enzymów amylolytycznych a cechami reologicznymi ciasta pszenneego. *Acta Agrophysica*, 2013, **20 (3)**, 463-472.
- [27] Subda H., Jarosławska A., Unton A., Karolini-Skaradzińska Z.: Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba. *Biul. IHAR*, 2002, **223/224**, 111-120.
- [28] Yoo S.H., Jane J.: Structural and physical characteristics of waxy and others wheat starches. *Carbohydr. Polym.*, 2002, **49**, 297-305.
- [29] Zarzycki P., Sobota A., Ciesielska Ż.: Wpływ czasu składowania na liczbę opadania oraz lepkość pozorną kleików mąk pszennych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **6 (85)**, 66-78.
- [30] Zarzycki P., Sobota A.: Effect of storage temperature on falling number and apparent viscosity of gruels from wheat flours. *J. Food Sci. Technol.* DOI: 10.1007/s13197-013-0975-1.

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WHEAT FLOUR SLURRY AS INDICATORS OF BAKING QUALITY OF WHEAT FLOUR

S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the correlations among rheological properties of wheat flour slurry and selected parameters of wheat bread baked in a laboratory. The experimental material was wheat flour made by grinding grains of 6 selected wheat cultivars in a laboratory mill. To grow wheat, two levels of agricultural technology were used; they differed in the levels of nitrogen fertilization and chemical protection. The following wheat flour parameters were determined: flour yields, ash content, moisture, content and quality of gluten, and falling number. Rheological properties of 15 % water dispersions of wheat flours were measured using a Mettler Rheomat RM 180 spindle-type rotational rheometer with coaxial cylinders. The bread was baked using a one-phase method. The bread baked was weighed to calculate a total baking loss and a baking yield. Furthermore, the volumes of bread loaves were measured and the crumb moisture was determined. Among other things, significant differences were found in the quantity and quality of gluten; however, no dependence was found between the changes in those characteristics and the applied level of agricultural technology. An increased amount of nitrogen fertilizer applied when growing wheat caused the breakdown value (a difference between the peak and minimum viscosities of hot slurries) to decrease and the setback value (a difference between the final and minimum viscosities of hot slurries) to increase; the breakdown and setback values were calculated for a 15 % water slurries of wheat flours. Also, a significant ($p = 0.05$) positive correlation was found between the falling number of flour and the peak viscosity of 15 % water slurries of wheat flours. The volume of bread produced was significantly ($p = 0.05$) correlated with the initial viscosity, peak viscosity, and setback value of 15 %

wheat flour slurries. On the other hand, no significant ($p = 0.05$) correlations were found among other characteristics of the bread, i.e. among: baking loss, baking yield, and crumb moisture and the rheological properties of 15 % water slurries of wheat flours.

Key words: agricultural techniques, wheat flour, starch, apparent viscosity, baking quality ☒