

OCENA WARTOŚCI WYPIEKOWEJ MAKI ŻYTNIEJ

Anna Szafrńska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
Zakład Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa
e-mail: anna.szafranska@ibprs.pl

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było określenie zakresu zmienności cech jakościowych mąki żytniej typ 500 i typ 720 produkowanej w Polsce. W próbkach mąki żytniej, pochodzących z dziesięciu krajowych młynów przemysłowych, oznaczono zawartość popiołu, liczbę opadania oraz oceniano właściwości amylopolityczne i reologiczne za pomocą aparatu mixolab.

Badane próbki mąki żytniej charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością popiołu (od 0,41 do 0,78% s.m.) i aktywnością enzymów amylopolitycznych (liczba opadania od 136 do 259 s; maksymalna lepkość zawiesiny w ocenie amylograficznej od 320 do 710 AU). Wyniki oceny cech reologicznych za pomocą aparatu mixolab wykazały iż badane próbki mąki żytniej typ 720 charakteryzowały się istotnie wyższą wodochłonnością (średnia 61,5%) niż próbki mąki typ 500 (średnia 58,4%). Ponadto próbki mąki żytniej typ 500 wykazywały istotnie wyższe niż próbki mąki żytniej typ 720 wartości konsystencji ciasta w punktach charakterystycznych wykresu otrzymanego przy pomocy aparatu mixolab.

Słowa kluczowe: mąka żytnia, wartość wypiekowa, mixolab

EVALUATION OF THE BAKING QUALITY OF RYE FLOUR

Summary

The aim of this study was evaluation of the baking quality of rye flour type 500 and type 720 from 10 Polish milling companies. The following quality parameters were determined: ash content, falling number, amylograph properties and Mixolab properties.

Rye flour samples tested during this study showed differentiation in ash content (in the range 0,41-0,78 % db), falling number (in the range 136-259 s), and amylograph peak viscosity (in the range 320-710 AU). Tested rye flour samples showed differentiation in Mixolab properties of the dough. Rye flour type 720 was characterized by higher waterabsorption (average 61,5%) than rye flour type 500 (average 58,4%). Rye flour type 500 showed significant higher dough consistency than rye flour type 720.

Key words: rye flour, baking quality, Mixolab

WPROWADZENIE

Pod pojęciem wartości wypiekowej rozumie się cechy mąki, które opisują jej zachowanie podczas przygotowania ciasta oraz pozwalają przewidywać jakość otrzymanego z niej pieczywa. Jest to pojęcie złożone, oznaczające wiele cech warunkujących przydatność badanej mąki do produkcji różnych asortymentów pieczywa. Jakość mąki żytniej określana jest za pomocą mniejszej liczby wyróżników jakościowych niż mąki pszennej. Przy określaniu wartości wypiekowej mąki żytniej nie uwzględnia się oceny kompleksu białkowego, ponieważ w cieście żytnim w trakcie miesienia nie tworzy się usieciowana, trójwymiarowa struktura białkowa. Szczególną uwagę zwraca się natomiast na stan skrobi oraz aktywność amylolityczną, którym przypisuje się ważną rolę w kształtowaniu właściwości wypiekowych mąki żytniej [Popper i in. 2006; Gąsiorowski 1993].

W przemyśle zbożowo-młynarskim i piekarskim aktywność enzymów amylolitycznych charakteryzowana jest liczbą opadania i parametrami oceny amylograficznej.

Mąka żytnia przeznaczona do produkcji chleba, według różnych autorów, powinna charakteryzować się maksymalną lepkością kleiku skrobiowego w zakresie od 350 do 650 AU i temperaturą końcową kleikowania na poziomie 63-69°C. Chleb uzyskany z mąki żytniej o maksymalnej lepkości zawiesiny poniżej 100 AU charakteryzuje się gorszą jakością m.in. wilgotnym mięksizem o ciemnej barwie oraz odstającą skórką. Maksymalna lepkość zawiesiny przekraczająca 700 AU wskazuje na możliwość uzyskania chleba słabo spulchnionego o niskiej objętości i kulistym kształcie [Hui i in. 2006; Popper i in. 2006; Gąsiorowski 1993; Jakubczyk i Haber 1983].

Biorąc za kryterium liczbę opadania - za dobrą mąkę do wypieku uważa się mąkę żytnią o średniej aktywności amylolitycznej odpowiadającej liczbie opadania w zakresie od 125 do 200 s. Mąka żytnia o liczbie opadania powyżej 250 s charakteryzuje się niską aktywnością amylolityczną i wymaga zastosowania dodatku słodu do uzyskania pieczywa dobrej jakości. Liczba opadania poniżej 70 s wskazuje na bardzo wysoką aktywność amylolityczną, a w zakresie od 75 do 100 s - na wysoką. Zbyt wysoka aktywność amylolityczna mąki może przyczyniać się do uzyskania pieczywa o gorszej jakości. W normie PN-A-74032:2002 w odniesieniu do liczby opadania wymagany jest zakres 90 do 240 s [Popper i in. 2006; Gąsiorowski 1983; Jakubczyk i Haber 1983].

Pomimo stosowania kilku pośrednich metod badania mąki, nadal głównym kryterium oceny jej wartości wypiekowej pozostaje test wypiekowy. W efekcie próbnego wypieku można uzyskać informacje na temat zachowania się ciasta podczas jego sporządzania i dalszej

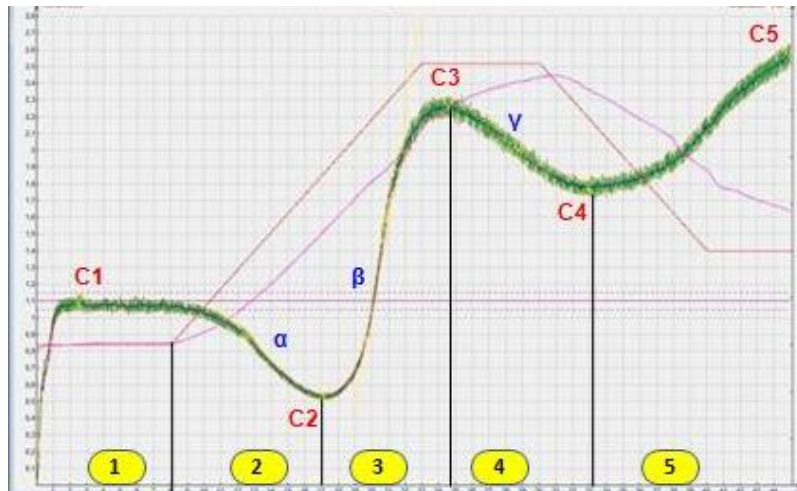
obróbki oraz jakości uzyskanego pieczywa – jego objętości i cech organoleptycznych. W trakcie próbnego wypieku mogą ujawnić się także specyficzne właściwości mąki, których nie potrafimy jeszcze określić stosując pośrednie metody badania mąki, również instrumentalne.

Wykonanie testu wypiekowego jest jednak długotrwałe i wymaga specjalistycznego laboratorium wypiekowego. Dlatego też prowadzone są nadal prace badawcze, których celem jest doskonalenie istniejących lub opracowywanie nowych, pośrednich metod oceny jakości mąki, które dawałyby możliwość dokładniejszego i bardziej kompleksowego określania wartości wypiekowej mąki niż metody pośrednie dotychczas stosowane.

Jedną z takich prób było skonstruowanie kilka lat temu przez firmę Chopin Technologies aparatu mixolab, pozwalającego na ocenę właściwości reologicznych ciasta (badanie kompleksu białkowo-skrobiowego) przy zmiennej temperaturze, co umożliwia symulację warunków panujących w cieście w trakcie wypieku. Metodyka oceny za pomocą aparatu mixolab opisana jest w normach międzynarodowych: AACC Method 54-60.01 (2010), ICC nr 173 (2011) i NF VO3-765 (2009). W 2011 roku prace nad opracowaniem normy dotyczącej metodyki oznaczania właściwości reologicznych ciasta za pomocą aparatu mixolab rozpoczął Komitet Techniczny CEN/TC338 ds. zbóż i przetworów zbożowych.

Metodykę oznaczania określoną w ww. normach opracowano na podstawie zaproponowanej przez producenta aparatu oceny cech reologicznych w tzw. Protokole Chopin+, który ma zastosowanie do oceny mąki pszennej, mąki żytniej oraz ziarna żyta. Oznaczenie przebiega dwuetapowo. W pierwszym etapie wyznaczona zostaje wodochłonność mąki (odpowiadająca konsystencji ciasta 1,1 Nm). W drugim etapie badane są zmiany cech ciasta podczas jego tworzenia i dalszego miesienia w zmiennych warunkach temperatury w czasie 45. minut.

Wykres uzyskany za pomocą aparatu mixolab podzielono na pięć faz (rysunek 1), opisujących zmiany właściwości reologicznych ciasta w trakcie oznaczania. W poszczególnych fazach wyznaczane są tzw. punkty charakterystyczne wykresu oznaczone odpowiednio: C1, C2, C3, C4 i C5, w których mierzone są: konsystencja ciasta (wyrażana w jednostkach Nm), temperatura ciasta (°C) i czas od momentu rozpoczęcia dodawania wody do uzyskania określonej konsystencji w danym punkcie charakterystycznym wykresu (min).



Rysunek 1. Przykładowy wykres uzyskany za pomocą aparatu mixolab
A typical Mixolab curve

W pierwszej fazie, trwającej 8 min przy stałej temperaturze ciasta (30°C), określone są właściwości ciasta w trakcie jego tworzenia. W fazie drugiej, w trakcie dalszego mieszania i jednocześnie wzrostu temperatury w tempie 4°C/min następuje zmniejszenie konsystencji ciasta. W momencie kiedy temperatura osiągnie poziom temperatury początkowej kleikowania (faza 3), rozpoczyna się kleikowanie skrobi, co przejawia się wzrostem konsystencji ciasta. W fazie czwartej dalszy wzrost temperatury do 90°C powoduje upłynnianie kleiku skrobiowego i tym samym zmniejszanie oporu ciasta stawianego mieszadłkom. Obniżanie temperatury do 50°C w fazie 5 powoduje rekrytalizację amylozy, co na wykresie przejawia się wzrostem konsystencji ciasta określanym jako retrogradacja. W fazach trzeciej, czwartej i piątej wykresu badane są właściwości kompleksu skrobiowo-enzymatycznego. Badania prowadzone przez Banu i in. (2008) wykazały zróżnicowanie uzyskanych wyników w zależności od poziomu aktywności enzymatycznej badanych próbek [Mixolab Application Handbook 2009].

Z wykresu odczytywane są także wskaźniki opisujące tempo zmniejszania konsystencji ciasta w trakcie początkowego wzrostu temperatury w fazie drugiej (α), wzrostu konsystencji ciasta w wyniku kleikowania skrobi (β) oraz zmniejszania konsystencji w wyniku hydrolizy enzymatycznej (γ), (Nm/min).

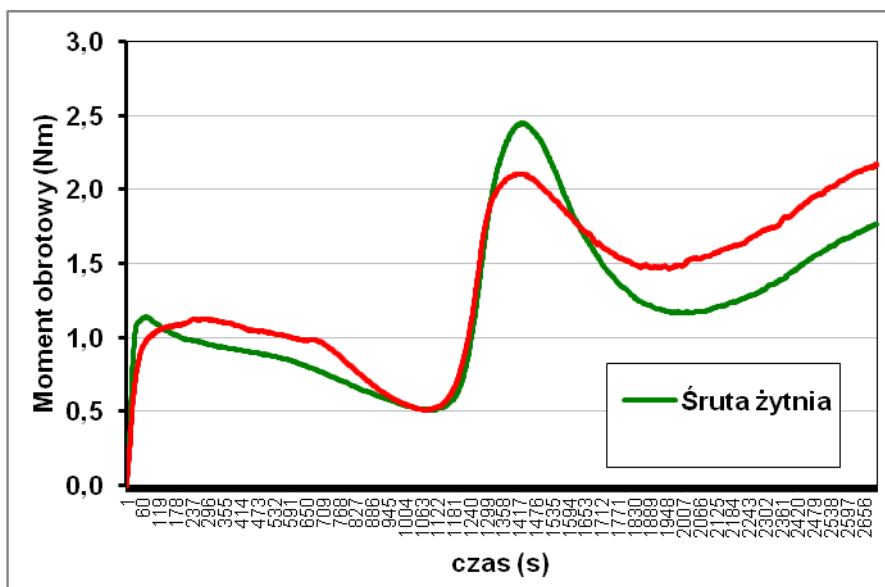
Aparat mixolab pozwala określić łącznie 20 różnych parametrów. W celu ułatwienia interpretacji wykresu opracowano tzw. „profil mąki” lub „profil śruty”, które pozwalają prezentować wyniki przekształcone na sześć umownych wskaźników: Wodochłonność, Miesienie, Gluten+, Lepkość, Amyloliza, Retrogradacja. Każdy wskaźnik został zbonitowany

w skali od 1 do 9, przy czym wartość „1” oznacza najniższy poziom wartości tego wskaźnika możliwy do odczytania z wykresu uzyskanego za pomocą aparatu mixolab.

Wyniki pracy zrealizowanej w 2009 roku w Zakładzie Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, wskazują na możliwość wykorzystania aparatu mixolab do określania właściwości kompleksu białkowo-skrobiowego mąki pszennej, produkowanej w Polsce oraz ustalenie zależności między parametrami uzyskanymi za pomocą aparatu mixolab i innymi dotychczas stosowanymi w kraju wyróżnikami jakościowymi, charakteryzującymi wartość wypiekową mąki. Uzyskiwane w ocenie za pomocą aparatu mixolab wartości poszczególnych parametrów były zróżnicowane zarówno w zależności od typu mąki, jak i w zależności od przydatności technologicznej badanych próbek mąki. Znaczące współczynniki korelacji stwierdzono między konsystencją ciasta mierzoną w punktach C4 i C5 wykresu a liczbą opadania (odpowiednio $r = 0,610$ i $r = 0,663$) i maksymalną lepkością kleiku skrobiowego (odpowiednio $r = 0,641$ i $r = 0,737$) [Szafrńska 2009].

Wyniki wyżej omówionej pracy pozwalają wnioskować, że za pomocą aparatu mixolab będzie możliwa również ocena jakości ziarna żyta i mąki żytniej produkowanej w krajowych zakładach młynarskich. Rozpoznawcze badania kilku próbek ziarna żyta wykonane w ZPZiP IBPRS w 2008 roku wykazały, że żyto charakteryzuje się nieco wyższą wodochłonnością niż pszenica oraz znacznie krótszym czasem rozwoju i stałości ciasta. Zaobserwowano także większą konsystencję ciasta mierzoną w punkcie charakterystycznym wykresu C3 oraz niższą wartość wskaźnika Retrogradacja. Podobne zależności zaobserwowano także w pracach wykonanych w laboratorium firmy Chopin Technologies [Mixolab Application Handbook 2009]. Różnice obserwowane są także w kształcie otrzymanych wykresów (rys. 2.).

W Zakładzie Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w 2010 roku przeprowadzono badania nad możliwością wykorzystania aparatu mixolab do oceny jakości mąki żytniej typ 500 oraz typ 720, które są najczęściej wykorzystywane w piekarstwie do produkcji pieczywa mieszanego. Uzyskane wyniki zestawiono i omówiono w niniejszym artykule.



Rysunek 2. Przykładowe wykresy śruty pszennej i śruty żytniej uzyskane za pomocą aparatu mixolab
Mixolab curves for wholemeal wheat and wholemeal rye

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

1. Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiły próbki mąki żytniej typ 500 i typ 720 wyprodukowane w pierwszym szym półroczu 2010 roku najprawdopodobniej z ziarna ze zbiorów 2009 roku. Próbki dostarczono do Zakładu Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa IBPRS z 10. młynów przemysłowych zlokalizowanych na terenie całego kraju. Badano po 14 próbek mąki każdego typu.

2. Metody badań

Oznaczanie poszczególnych wyróżników jakościowych mąki żytniej wykonano zgodnie z metodyką określoną w następujących Polskich Normach:

- zawartość popiołu według PN-EN ISO 2171:2010
- liczba opadania według PN-EN ISO 3093:2010
- lepkości mąki według PN-ISO 7973:2001.

Ocenę cech reologicznych za pomocą aparatu mixolab wykonano według protokołu Chopin + zgodnie z instrukcją producenta aparatu, na podstawie której została opracowana norma ICC nr 173: Whole Meal and Flour from T. aestivum – Determination of Rheological

Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase [Śruta całościarnowa i mąka uzyskana z pszenicy zwyczajnej (*T. aestivum*) – Oznaczanie właściwości reologicznych jako funkcji mieszenia i wzrostu temperatury]. Określono wodochłonność mąki a z wykresu odczytano wartości konsystencji ciasta w punktach charakterystycznych: C1, C2, C3, C4 i C5, wskaźniki: α , β i γ opisujące tempo zmian konsystencji ciasta pod wpływem wzrostu lub spadku temperatury w trakcie oznaczania. W ramach profilu wyznaczono także wskaźniki: Wodochłonność, Mieszenie, Gluten+, Kleistość, Amyloliza i Retrogradacja.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Analizę wariancji wykonano za pomocą programu Statgraphics Plus 3.0. Najmniejsze istotne różnice (NIR) wyznaczono testem LSD przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. W obliczeniach typ mąki żytniej traktowano jako czynnik zmienny.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocena jakości mąki żytniej za pomocą tradycyjnie stosowanych metod

Badane próbki mąki żytniej wykazywały zróżnicowanie w zawartości popiołu i aktywności enzymów amylolitycznych. Zawartość popiołu oznaczona w próbkach mąki żytniej typ 720 kształtowała się na średnim poziomie 0,71% s.m. i była istotnie wyższa niż zawartość popiołu w próbkach mąki żytniej typ 500 (średnia: 0,52% s.m.). Wszystkie badane próbki mąki żytniej spełniały wymagania normy PN-A-74032:2002 określone w odniesieniu do zawartości popiołu w danym typie mąki.

Tabela 1. Ocena badanych próbek mąki żytniej
Quality parameters of rye flour samples

Typ mąki		Zawartość popiołu (% s.m.)	Liczba opadani a (s)	Ocena amylograficzna		
				Maksymalna lepkość zawiesiny (AU)	Temperatura kleikowania (°C)	
					początkowa	końcowa
typ 500	średnia	0,52a	217	504b	52,3	67,6
	min	0,41	136	340	51,0	63,0
	max	0,58	259	710	54,5	72,0
	s	0,04	34	104	1,2	2,6
typ 720	średnia	0,71b	194	416a	52,5	67,1
	min	0,65	150	320	51,0	65,0
	max	0,78	253	600	54,5	70,5
	s	0,04	33	72	1,0	1,7
NIR LSD ($\alpha = 0,05$)		0,033	r.n.	69,67	r.n.	r.n.

s – odchylenie standardowe

r.n. – różnice nieistotne

a, b – grupy jednorodne

Liczba opadania, określająca aktywność enzymów amylolitycznych, kształtowała się w zakresie od 136 do 259 s, co według zakresu podanego przez Jakubczyka i Habera [1983] wskazuje na dobrą jakość badanych próbek mąki do wypieku pieczywa. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania liczby opadania w zależności od typu mąki (tabela 1).

Maksymalna lepkość zawiesiny badanych próbek mąki żytniej kształtowała się w zakresie od 340 do 710 AU, co wskazuje na mąkę odpowiednią do produkcji chleba. Pośród badanych próbek mąki żytniej nie stwierdzono próbek, których oznaczona za pomocą dwóch ww. metod ocena aktywności enzymów amylolitycznych, wskazywałaby na możliwość uzyskania pieczywa o skrajnie niekorzystnych cechach jakościowych.

Badane próbki mąki żytniej typ 500 charakteryzowały się istotnie wyższą maksymalną lepkością zawiesiny (średnia 504 AU) niż próbki mąki typ 720 (średnia 416 AU). Różnice te są jednak mniejsze niż odtwarzalność metody ($R = 231\text{AU}$) określona na podstawie oceny próbek pszenicy [PN-ISO 7973:2001]. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania temperatury początkowej kleikowania oraz temperatury końcowej kleikowania w zależności od typu mąki żytniej.

Mąka żytnia przeznaczona do produkcji chleba powinna charakteryzować się maksymalną lepkością zawiesiny w zakresie od 350 do 650 AU i temperaturą końcową kleikowania na poziomie 63-69°C. Wymagań tych nie spełniały dwie próbki mąki żytniej typ 500. Niższą od podanego zakresu maksymalną lepkość zawiesiny wykazało po jednej próbce mąki typ 500 i typ 720. Kończącą temperaturę kleikowania wyższą niż 69°C stwierdzono w przypadku dwóch próbek mąki typ 500 i dwóch próbek mąki typ 720.

Obliczony współczynnik korelacji (tabela 5) między liczbą opadania a maksymalną lepkością zawiesiny ($r = 0,817$) jest istotny i kształtuje się na podobnym poziomie jak w badaniach Hansena i in. [2004] oraz Pertena [1964].

Ocena cech reologicznych za pomocą aparatu mixolab

Wodochłonność badanych próbek mąki żytniej kształtowała się w zakresie od 55,8 do 63,7% (tabela 2), przy czym próbki mąki żytniej typ 720, o wyższym udziale cząstek okrywy owocowo-nasiennej, charakteryzowały się istotnie wyższą wodochłonnością (średnia 61,5%) niż próbki mąki żytniej typ 500 (średnia 58,4%). Współczynnik korelacji zawartości popiołu i wodochłonności mąki kształtował się na poziomie $r = 0,776$ (tabela 5). Podobne tendencje zaobserwowano w badaniach przeprowadzonych przez Abramczyk i Miłosz [2005]

i Szafrąską [2009], w których mąki pszenne o wyższej zawartości popiołu charakteryzowały się również wyższą wodochłonnością.

Tabela 2. Ocena badanych próbek mąki żytniej za pomocą aparatu mixolab
Mixolab properties of rye flour samples

Typ mąki		Wodochłonność (%)	Konsystencja ciasta (Nm) w punktach:				
			C1	C2	C3	C4	C5
typ 500	średnia	58,4a	1,09	0,44	2,33b	1,16b	1,80b
	min	55,8	1,05	0,40	1,86	0,69	1,03
	max	59,9	1,14	0,51	2,63	1,48	2,28
	s	1,1	0,03	0,03	0,24	0,22	0,36
typ 720	średnia	61,5b	1,10	0,46	2,05a	0,79a	1,20a
	min	58,0	1,06	0,41	1,68	0,47	0,68
	max	63,7	1,15	0,51	2,44	1,19	1,85
	s	1,8	0,03	0,03	0,21	0,20	0,32
NIR LSD ($\alpha = 0,05$)		1,154	r.n.	r.n.	0,175	0,164	0,263

s – odchylenie standardowe

r.n. – różnice nieistotne

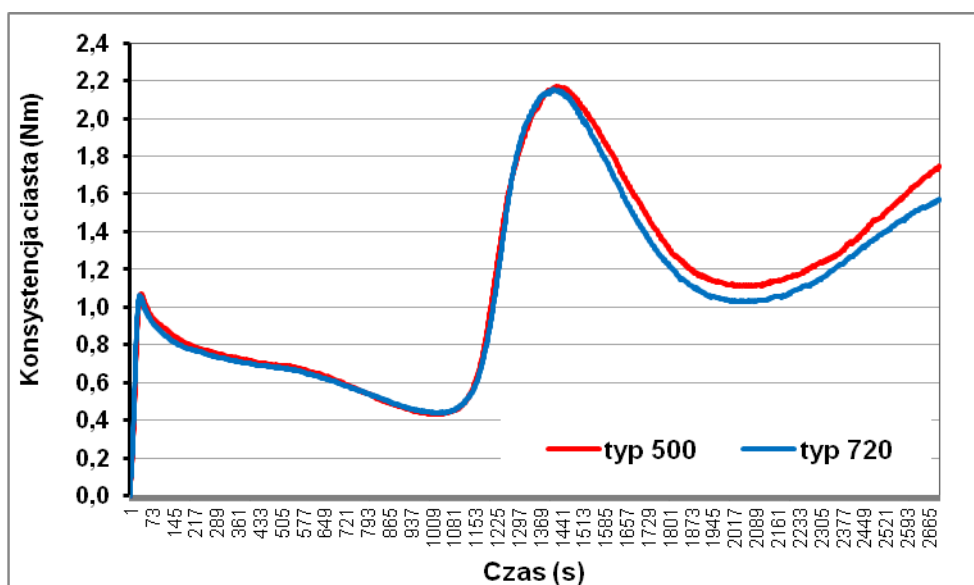
a, b – grupy jednorodne

Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania konsystencji ciasta mierzonego w punktach charakterystycznych wykresu C1 i C2 w zależności od typu mąki żytniej. Opór ciasta mierzony w punkcie C1 jest miarą optymalnej konsystencji ciasta w pierwszej fazie oznaczania. Wartość ta, zgodnie z instrukcją producenta aparatu i normą ICC 173, powinna kształtować się w zakresie od 1,05 do 1,15 Nm. Wszystkie badane próbki charakteryzowały się konsystencją ciasta w punkcie C1 zgodnym z wymaganiami normy ICC 173.

Przy tworzeniu struktury ciasta żytniego kompleks białkowy nie odgrywa tak znaczącej roli jak w przypadku ciasta pszennego. Kształt krzywych uzyskanych w efekcie badania obu typów mąki żytniej jest niemal identyczny (rysunek 3). Próbki obu typów mąki żytniej charakteryzowały się wartościami konsystencji ciasta w punkcie C2 na zbliżonym poziomie (średnia 0,45 Nm) - niższym od wartości uzyskanych w badaniach dotyczących mąki pszennej (średnia 0,51 Nm) [Szafrąska 2009].

Mąka żytnia typ 500 wykazywała istotnie wyższe wartości konsystencji ciasta w punktach C3, C4 i C5 wykresu, opisujących jakość kompleksu skrobiowego, niż mąka żytnia typ 720 (tabela 2). Różnice te można zaobserwować w kształcie wykresów (rysunek 3) uzyskanych dla próbek mąki żytniej różnych typów ale o takim samym poziomie aktywności enzymów amylolitycznych (liczba opadania na poziomie 230 s i maksymalna lepkość zawiesiny 480AU).

Stwierdzono istotne dodatnie współczynniki korelacji (tabela 5) między liczbą opadania a konsystencją ciasta, mierzonym w punktach C3 ($r = 0,750$), C4 ($r = 0,832$) i C5 ($r = 0,839$). Dodatkowo współczynniki korelacji między omawianymi parametrami uzyskali w swoich badaniach dotyczących oceny mąki pszennej oraz ziarna pszenicy Codina i in. (2010) oraz Szafrńska (2009, 2010). Istotne dodatnie współczynniki korelacji stwierdzono w niniejszych badaniach także między maksymalną lepkością zawiesiny a konsystencją ciasta w punktach C3 ($r = 0,650$), C4 ($r = 0,832$) i C5 ($r = 0,846$).



Rysunek 3. Przykładowe wykresy mąki żytniej typ 500 oraz typ 720 uzyskane za pomocą aparatu mixolab
Mixolab curves for rye flour type 500 and rye flour type 720

Istotne ujemne współczynniki korelacji stwierdzono natomiast w przypadku zawartości popiołu i konsystencji ciasta w punktach C3 ($r = -0,594$), C4 ($r = -0,627$) i C5 ($r = -0,620$), co wskazuje, że wzrost udziału cząstek okrywy owocowo-nasiennej powoduje wzrost aktywności enzymów amylolitycznych.

Wskaźnik α opisujący tempo zmiany konsystencji ciasta w trakcie początkowego wzrostu temperatury kształtował się od $-0,042$ do $-0,008$ (Nm/min) i nie był zróżnicowany w zależności od typu mąki (tabela 3). Istotne zróżnicowanie wyników w zależności od typu mąki żytniej zaobserwowano w przypadku wskaźników β i γ opisujących tempo zmiany konsystencji ciasta w trakcie zmniejszania temperatury a następnie utrzymywania stałej temperatury 50°C odpowiednio w fazie czwartej i piątej wykresu – opisujących jakość kompleksu skrobiowego. Wskaźnik β kształtował się w zakresie od $0,378$ do $0,812$ Nm/min

a wskaźnik γ w zakresie od -0,206 do -0,080 Nm/min. Mąka żytnia typ 720 charakteryzowała się istotnie niższą wartością wskaźnika β i wyższą wartością wskaźnika γ niż mąka typ 500.

Tabela 3. Ocena badanych próbek mąki żytniej za pomocą aparatu mixolab
Mixolab properties of rye flour samples

Typ mąki		(Nm/min.)		
		α	β	γ
typ 500	średnia	-0,023	0,671b	-0,161a
	min	-0,040	0,482	-0,206
	max	-0,008	0,812	-0,080
	s	0,012	0,089	0,034
typ 720	średnia	-0,030	0,549a	-0,130b
	min	-0,042	0,378	-0,200
	max	-0,016	0,756	-0,098
	s	0,008	0,118	0,028
NIR LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	0,082	0,024

s – odchylenie standardowe

r.n. – różnice nieistotne

a, b – grupy jednorodne

Wyznaczone w ramach profilu mąki wskaźniki wykazywały zróżnicowanie między typami mąki i w ramach danego typu (tabela 4). Mąka żytnia typ 720 charakteryzowała się istotnie wyższą wartością wskaźnika Wodochłonność (średnia 7) niż mąka żytnia typ 500 (średnia 5). Wszystkie badane próbki mąki żytniej charakteryzowały się wartością wskaźnika Miesienie równą „0”. Wartości tego wskaźnika tworzone są w oparciu o informacje dotyczące cech kompleksu białkowego, takich jak: czas tworzenia się ciasta oraz czas stałości. W przypadku mąki żytniej czas rozwoju i czas stałości nie przekraczają 1 minuty. Interpretacja wskaźnika Miesienie w protokole Chopin+ odnosi się do mąki pszennej, która charakteryzuje się dłuższym czasem tworzenia struktury ciasta. Dlatego też program zinterpretował krótki czas tworzenia się ciasta z mąki żytniej jako wartość „0” dla wskaźnika Miesienie. W przypadku wskaźników opisujących jakość kompleksu skrobiowego istotne wyższe wartości wskaźników Amyloliza i Retrogradacja wykazywały mąki żytnie typ 500 (średnie odpowiednio: 2 i 3).

Tabela 4. Wskaźniki wyznaczone dla badanych typów mąki żytniej
Mixolab Indexes of rye flour samples

Typ mąki		Wskaźniki					
		Wodochłonność	Miesienie	Gluten+	Kleistość	Amyloliza	Retrogradacja
typ 500	średnia	5a	0	7	8	2b	3b
	min	2		7	6	1	1
	max	7		8	9	4	4
	s	1,5		0,4	0,7	1,0	0,8
typ 720	średnia	7b	0	8	7	1a	2a
	min	5		7	4	1	1
	max	8		8	8	2	3
	s	1,1		0,5	1,3	0,3	0,6
NIR LSD ($\alpha = 0,05$)		1,034		r.n.	r.n.	0,589	0,555

s – odchylenie standardowe

r.n. – różnice nieistotne

a, b – grupy jednorodne

Istotne współczynniki korelacji między wybranymi wskaźnikami wyznaczonymi w ramach profilu mąki a innymi parametrami przedstawiono w tabeli 5. Wskaźniki Kleistość, Amyloliza i Retrogradacja opisujące jakość kompleksu skrobiowego wyznaczone są w oparciu o parametry dotyczące konsystencji ciasta w punktach C3, C4 i C5 wykresu. Stwierdzono istotne współczynniki korelacji między wskaźnikiem Kleistość, Amyloliza i Retrogradacja a liczbą opadania, maksymalną lepkością zawiesiny i wskaźnikami β i γ .

Tabela 5. Współczynniki korelacji obliczone dla wybranych wyróżników jakościowych oraz parametrów oceny za pomocą aparatu mixolab
Correlation coefficients between quality parameters and Mixolab properties

	Liczba opadania	Zaw. popiołu	Maks. lepkość zawiesiny	Temp. końc. kleikowania	C3	C4	C5	Wodochłonność	Kleistość	Amyloliza	Retrogradacja	β	γ
Liczba opadania	r.n.	0,817	0,881	0,750	0,832	0,839	r.n.	0,518	0,632	0,671	0,491	-0,646	
Zaw. popiołu		r.n.	r.n.	-0,594	-0,627	-0,620	0,644	-0,537	-0,461	-0,522	-0,604	0,479	
Maks. lepk. zaw.			0,793	0,650	0,832	0,846	r.n.	0,445	0,713	0,763	0,404	-0,614	
T _{końc.} kleikowania				0,739	0,768	0,764	r.n.	0,507	0,695	0,642	0,497	-0,685	
C3					0,870	0,850	-0,634	0,770	0,750	0,667	0,879	-0,870	
C4						0,996	-0,667	0,660	0,805	0,871	0,709	-0,734	
C5							-0,646	0,630	0,804	0,883	0,673	-0,726	
Wodochłonność								-0,482	-0,693	-0,648	-0,676	0,509	
Kleistość									0,378	0,508	0,672	-0,560	
Amyloliza										0,814	0,542	-0,676	
Retrogradacja											0,508	-0,654	
β												-0,805	
γ													

r.n. – różnice nieistotne

WNIOSKI

1. Badane typy mąki żytniej różniły się istotnie poziomem podstawowych wyróżników jakościowych, takich jak: zawartość popiołu i maksymalna lepkość zawiesiny. Mąka żytnia typ 720 charakteryzowała się istotnie wyższą aktywnością enzymów amylolitycznych w porównaniu do mąki żytniej typ 500.
2. Wodochłonność badanych próbek była zróżnicowana w zależności od typu mąki. Próbki mąki żytniej typ 720 wykazywały wyższą wodochłonność niż próbki mąki żytniej typ 500 – średnio o 3 punkty procentowe. Stwierdzono istotne współczynniki korelacji między wodochłonnością a zawartością popiołu ($r = 0,776$).
3. Badane typy mąki żytniej różniły się istotnie konsystencją ciasta mierzoną w punktach charakterystycznych wykresu C3, C4 i C5. Próbki mąki żytniej typ 500 charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami ww. parametrów niż próbki mąki żytniej typ 720.
4. Wartości konsystencji ciasta w punktach C3, C4 i C5 były skorelowane z aktywnością enzymów amylolitycznych. Stwierdzono istotne dodatnie współczynniki korelacji między liczbą opadania a konsystencją ciasta w punktach C3, C4 i C5 oraz maksymalną lepkością zawiesiny a konsystencją ciasta w punktach C3, C4 i C5.
5. Uzyskane wyniki oceny cech reologicznych mąki żytniej za pomocą aparatu mixolab wskazują na konieczność opracowania odrębnego protokołu badania mąki żytniej, który uwzględniałby specyfikę tworzenia struktury ciasta żytniego.

PIŚMIENNICTWO

1. AACC Method 54-60.01 "Determination of rheological behavior as a function of mixing and temperature increase in wheat flour and whole wheat meal". (2010)
2. Abramczyk D., Miłosz M. (2005): Cechy reologiczne ciasta z rynkowej krajowej mąki pszennej. *Prz. Zboż.-Młyn.* 2005 (10): 14-18,
3. Banu I. (2006): The evaluation of the quality rye flours on the basis of the biochemical and rheological indices. *J. Agroalim.. Process. Technol.*, Vol. XII, No. 2, 291-298
4. Banu I., Moraru C. (2003): The evaluation of α -amylase activity in rye. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI – Food Technology*, 58-63
5. Rye: Production, Chemistry, and Technology (1976). Pr. zbior. pod red. W. Bushuk, AACC, St. Paul, Minnesota

6. Hansen H.B., Møller B., Andersen S.B., Jørgensen J.R., Hansen A. (2004): Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale L.*) as influenced by genotype and harvest year. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 2282-2291
7. Hui Y.H., Nip Wai-Kit, Nollet Leo M.L., Paliyath G., Simpson B.K. (2006): *Food Biochemistry and Food Processing*. Blackwell Publishing
8. *Żyto – chemia i technologia* (1993). Pr. zbior. pod red. H. Gąsiorowskiego, PWRiL, Poznań. (red.)
9. ICC nr 173: Whole Meal and Flour from *T. aestivum* – Determination of Rheological Behavior as a Function of Mixing and Temperature Increase (2011)
10. Jakubczyk T., Haber T. (red). (1983): *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Skrypt Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Akademii Rolniczej w Warszawie
11. Kučerová J. (2009): Effects of location and year on technological quality and pentosan content in rye. *Czech J. Food Sci.* Vol. 27, No. 6, 418-424
12. *Mixolab Application Handbook. Rheological and enzymatic analysis*. Chopin Applications Laboratory, France, (2009)
13. NF VO3-765 “Cereals and cereal products – Wheat flour (*T. aestivum*) – Water absorption measurement and rheological characteristics of a dough during mixing with the mixolab”. AFNOR (2009)
14. Perten H. (1964): Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. *Cereal Chem.* Vol. 41, No. 3, 124-140
15. Popper L., Schäfer W., Freund W. (2006): *Future of Flour. A Compendium of Flour Improvement*. Agrimedia GmbH, Bergen/Dumme
16. PN-EN ISO 2171:2010 *Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i ich przetwory – Oznaczanie zawartości popiołu metodą spalania (oryg.)*
17. PN-EN ISO 3093:2010 *Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina – Oznaczanie liczby opadania metodą Hagberga-Pertena*
18. PN-ISO 7973:2001 *Ziarno zbóż i przetwory zbożowe – Oznaczanie lepkości mąki – Metoda z zastosowaniem amylografu*
19. Szafrąńska A. (2009): Ocena jakości mąki pszennej handlowej za pomocą aparatu mixolab. *Prz. Zboż.-Młyn.* 2009 (12), Rok LIII, s. 19-21
20. Szafrąńska A. (2010): Prognozowanie jakości mąki pszennej na podstawie parametrów oceny jakości śruty za pomocą aparatu mixolab. *Pr. Inst. Lab. Bad. Przem. Spoż.* t. LXIII, s. 107 – 116