

WARTOŚĆ WYPIEKOWA MĄKI ŻYTNIEJ TYP 500 PRODUKOWANEJ W KRAJOWYCH MŁYNACH

Sylwia Stępniewska

Zakład Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa
Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
e-mail: sylwia.stepniewska@ibprs.pl

Streszczenie. Celem pracy było określenie wartości wypiekowej mąki żytniej typ 500, wyprodukowanej w krajowych młynach przemysłowych w 2013 roku. W próbkach mąki oznaczono: zawartość popiołu, zawartość białka ogółem, stopień rozdrobnienia, wodochłonność farinograficzną, liczbę opadania, cechy amylograficzne oraz zawartość pentozańców (ogółem, rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych). Wykonano również wypieki laboratoryjne. Chleby badano w zakresie: objętości bochenka oraz kwasowości, twardości i wilgotności miękiszu. Stwierdzono, że badane próbki mąki żytniej były istotnie zróżnicowane pod względem wszystkich wyróżników charakteryzujących ich wartość wypiekową. Na podstawie wartości liczby opadania stwierdzono, że badane próbki mąki żytniej cechowały się niską aktywnością enzymów amylolitycznych. Chleby o najwyższej objętości otrzymano z próbek mąki, które charakteryzowały się wysoką wodochłonnością oraz najwyższym udziałem pentozańców rozpuszczalnych. Chleby otrzymane z próbek mąki o wyższej zawartości pentozańców ogółem miały bardziej wilgotne miękisze. Najkorzystniej oceniono chleb otrzymany z próbki mąki, która charakteryzowała się wysoką wodochłonnością, wysoką zawartością pentozańców ogółem i wysokim udziałem pentozańców rozpuszczalnych. Otrzymany chleb charakteryzował się wysoką objętością, a jego miększo odznaczał się najwyższą wilgotnością oraz najniższą twardością i przyrostem twardości podczas przechowywania pieczywa.

Słowa kluczowe: aktywność enzymów amylolitycznych, jakość chleba, mąka żytnia, pentozańcy, skrobia

WPROWADZENIE

Wartość wypiekową mąki żytniej charakteryzuje się na podstawie oceny właściwości funkcjonalnych jej głównych składników i aktywności enzymów, które je degradują. W przypadku mąki żytniej najważniejszymi składnikami odpowiedzialnymi za tworzenie struktury ciasta i jakość chleba są skrobia, pentozańcy i białko.

Właściwości ciasta podczas jego miesienia i fermentacji oraz w pierwszej fazie wypieku zależą głównie od właściwości pentozanów i aktywności enzymów rozkładających te składniki. Natomiast skrobia i enzymy ją rozkładające kształtują strukturę miększu chleba w temperaturze powyżej 45°C (Gräber 1999, Poutanen i in. 2014). W cieście żytnim białko pełni mniejszą rolę w tworzeniu jego struktury niż w cieście pszenным. Zawartość białka w mące żytniej jest mniejsza niż w mące pszennej, ale wyższa zawartość białka rozpuszczalnego powoduje, że charakteryzuje się ono wyższą wartością biologiczną (Nowotna i in. 2006, Kučerová 2009, Borowy 2015). Podczas wytwarzania ciasta żytniego nie tworzy się trójwymiarowa siatka glutenowa, co jest spowodowane między innymi wysoką zawartością pentozanów, które tworzą bardzo lepkie roztwory i pochłaniają wodę szybciej niż białka (Arendt i in. 2007).

Skrobia żytnia, w przeciwieństwie do skrobi pszennej, kleikuje w niższej temperaturze, co wpływa na jej wyższą podatność na działanie enzymów amylolytycznych. Temperatura jej kleikowania wynosi 55-70°C (Arendt i in. 2007), co zbiega się z zakresem temperatur, przy których amylazy wykazują optimum działania (Słowik 2011, Stępniewska i Cacak-Pietrzak 2016). W przemyśle zbożowo-młynarskim najczęstszymi metodami służącymi do oceny właściwości skrobi, związanymi z jej zdolnością do pęcznienia i kleikowania oraz podatnością na działanie enzymów amylolytycznych, są oznaczenie liczby opadania i badanie cech amylograficznych. Poziom aktywności enzymów amylolytycznych mąki wpływa na objętość pieczywa i jakość jego miększu. Mąka żytnia odpowiednia do wypieku powinna charakteryzować się liczbą opadania w zakresie 125-200 s (Słowik 2005) oraz maksymalną lepkością amylograficzną w przedziale 400-600 AU i końcową temperaturą kleikowania w zakresie 65-69°C (Verwimp i in. 2012). Z mąki żytniej o zbyt niskiej aktywności enzymów amylolytycznych otrzymuje się pieczywo o niskiej objętości, z suchym i kruszącym się miększem, natomiast z mąki o zbyt wysokiej aktywności amylolytycznej pieczywo jest płaskie, z wilgotnym, często zakalcowatym miększem (Salmenkallio-Marttila i Hovinen 2005, Liukkonen i in. 2006, Beck i in. 2011).

Drugim składnikiem mąki żytniej istotnie wpływającym na jej wartość wypiekową są pentozany. To wielocukry zbudowane z cząstek arabinozy i ksylozy, które ze względu na rozpuszczalność dzielimy na rozpuszczalne i nierozpuszczalne w wodzie (Kučerová 2009, Dornez i in. 2007). Obie frakcje pentozanów mają istotny wpływ na wodochłonność mąki, co wynika z ich zdolności do pochłaniania bardzo dużej ilości wody. Rozpuszczalne pentozany mają korzystny wpływ na właściwości ciasta i jakość pieczywa, podczas gdy pentozany nierozpuszczalne wpływają negatywnie na jakość produktów piekarskich (Jaekel i in. 2012). Pentozany rozpuszczalne i nierozpuszczalne nie są rozmieszczone równomiernie w całym ziarniaku, dlatego o wartości wypiekowej mąki w dużym stopniu

decyduje jej wyciąg. Pentozany rozpuszczalne zlokalizowane są przede wszystkim w bielmie, a także powstają z przekształcenia pentozanów nierozpuszczalnych na poszczególnych etapach produkcji pieczywa żytniego. Pentozany nierozpuszczalne natomiast znajdują się głównie w peryferyjnych częściach ziarna. Dlatego też mąki niskowyciągowe, które podczas przemiału zostają pozbawione znacznej ilości cząstek pochodzących z zewnętrznych części ziarna, charakteryzują się niską zawartością pentozanów ogółem, ale wysokim udziałem pentozanów rozpuszczalnych (Słowik i Mielcarz 2007, Cyran i Dynkowska 2014, Zhang i in. 2015). W wielu pracach (Weipert 1997, Brümmer 2001, Salmenkallio-Marttila i Hovinen 2005) wykazano, że wartość wypiekowa mąki żytniej zależy nie tylko od zawartości pentozanów ogółem, ale również od udziału pentozanów rozpuszczalnych. Wzrost udziału pentozanów rozpuszczalnych wpływa na wzrost objętości bochenków chleba, poprawę struktury miękiszu i barwy skórki chleba (Vinkx i Delcour 1996, Cyran i Cygankiewicz 2004).

Celem pracy było określenie wartości wypiekowej próbek mąki żytniej typ 500 pochodzących z krajowych młynów przemysłowych. Zastosowano metody oceny pośredniej i bezpośredniej.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło 10 próbek mąki żytniej typ 500 wyprodukowanych według różnych technologii przemiału w krajowych młynach przemysłowych w 2013 roku. W badanych próbkach mąki oznaczono: zawartość białka ogółem (PN-EN ISO 20483:2007), zawartość popiołu (PN-EN ISO 2171:2010), stopień rozdrobnienia (PN-A-74015:1973), liczbę opadania (PN-EN ISO 3093:2010), cechy amylograficzne (PN-ISO 7973:2001), zawartość pentozanów ogółem i rozpuszczalnych wg Hashimoto i in. (1987). Z różnicy pentozanów ogółem i rozpuszczalnych wyliczono zawartość pentozanów nierozpuszczalnych. Obliczono również udział pentozanów rozpuszczalnych. Wodochłonność farinograficzną oceniono według normy PN-ISO 5530-1:1999. Wypieki laboratoryjne przeprowadzono metodą na kwasie wytworzonym na bazie kultur starterowych LV2 produkcji Lesaffre Polska. Jednofazową fermentację kwasów o wydajności 200 prowadzono w temperaturze 30°C przez okres 24 godzin. Ciasto sporządzano z kwasu zawierającego 30% ogólnej ilości mąki i pozostałych składników przewidzianych w recepturze (mąka, drożdże 2%, sól 1,7%, wodę w ilości określonej na podstawie wodochłonności farinograficznej przy konsystencji 300 j.B, którą pomniejszono o ilość wody wprowadzonej z kwasem). Mieszenie ciasta prowadzono w miesiarce Turbo-mix-6,5 firmy HOMMEL do uzyskania jednorodnej masy. Temperatura ciasta po miesieniu wynosiła 30-32°C. Fermentację ciasta prowadzono przez 20 min. Po tym czasie ciasto dzielono na kęsy o masie 350 g, które po uformowaniu wkładano do

foremek i poddawano rozrostowi w komorze fermentacyjnej o temperaturze 35°C i wilgotności względnej powietrza 70-75% do stanu rozrostu normalnego. Wypiek przeprowadzano w półkowym piecu Piccolo Wachtel Winkler w temperaturze 260°C przez ok. 10 min, a następnie w 220°C przez 30 min, z początkowym zaparowaniem. Badanie bochenków chleba przeprowadzano po 20 ± 4 h od wypieku. Kwasowość, objętość i wilgotność chlebów badano zgodnie z PN-A-74108:1996. Do pomiaru objętości wykorzystywano aparat Sawy, a wynik przeliczano na 100 g pieczywa. Wykonano również oznaczenie twardości miękiszu chleba po 1 i 4 dniach od wypieku. Twardość miękiszu oznaczano za pomocą urządzenia Instron typ 1140, przez ściśnięcie o 50% kromki o grubości 3 cm próbnikiem o średnicy 35 mm przy prędkości przesuwu głowicy aparatu $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Oznaczenie wykonano na próbkach ze środkowej części chleba. Z wykresu odczytywano maksymalną siłę oporu stawianego przez badany mięksisz w N (twardość miękiszu), a za wynik oznaczenia przyjmowano wartość średnią dla dwóch kromek pieczywa.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Grupy homogeniczne określono testem t-Tukey'a. W celu określenia zależności pomiędzy badanymi wyróżnikami jakościowymi wyznaczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona przy $\alpha = 0,05$ i 0,01. Do obliczeń wykorzystano program Statgraphics Centurion XV.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych próbek mąki żytniej pod względem zawartości białka i popiołu (tab. 1). Przeciętna zawartość omawianych składników kształtowała się na poziomie odpowiednio: 6,2 i 0,52% s.m. Istotnie najniższą zawartością białka charakteryzowała się próbka mąki M1 (średnio 5,3% s.m.), zaś istotnie najwyższą próbka mąki M6 (średnio 7,1% s.m.). Próbki mąki: M1 i M7 charakteryzowały się istotnie niższymi od większości pozostałych próbek (za wyjątkiem próbki M5) zawartościami popiołu (odpowiednio: 0,45 i 0,43% s.m.), natomiast próbki mąki M3, M9, M10, w przypadku których średnia zawartość popiołu kształtowała się na poziomie 0,58% s.m. oraz próbka mąki M6 (zawartość popiołu 0,60%) cechowały się istotnie najwyższymi wartościami omawianego parametru. Stwierdzono istotną dodatnią zależność pomiędzy zawartością białka i popiołu ($r = 0,758$; tab. 5). Na zależność pomiędzy tymi dwoma wyróżnikami jakościowymi wskazali wcześniej Michniewicz i Wdowczyk (1994) oraz Gómez i in. (2009).

Granulacja jest parametrem jakościowym, który istotnie wpływa na zachowanie ciasta podczas fermentacji. Większe rozdrobnienie mąki z jednej strony sprzyja intensyfikacji fermentacji ciasta, z drugiej strony mąka o bardzo drobnej granulacji może mieć większe właściwości buforujące, co związane jest z większą zawartością

składników rozpuszczalnych i co stwarza niebezpieczeństwo nadmiernej degradacji substratów odpowiedzialnych za tworzenie struktury ciasta i pieczywa (Słowik i in. 2010). Badane próbki mąki żytniej wykazały istotne zróżnicowanie pod względem stopnia rozdrobnienia (tab. 1). Istotnie grubszą granulacją cechowała się próbka mąki żytniej M5, w przypadku której przesiew przez sito o wymiarach oczek 95 μm stanowił tylko 10,3%, natomiast próbki mąki żytniej: M2, M6, M8 i M9 charakteryzowały się istotnie drobniejszą granulacją w porównaniu do pozostałych próbek mąki.

Tabela 1. Parametry jakościowe badanych próbek mąki żytniej
Table 1. Quality parameters of tested rye flour samples

Próbka mąki żytniej Rye flour sample	Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	Zawartość popiołu (% s.m.) Ash content (% d.m.)	Przesiew przez sito 95 μm (pass through sieve of 95 mesh) (%)	Wodochłonność mąki przy konsystencji ciasta 300 j.B Water absorption of flour by consistency of dough 300 j.B (%)
M1	5,3a	0,45a	42,4c	59,9a
M2	5,5b	0,49b	74,0gh	65,8e
M3	6,0d	0,58d	69,9f	65,4e
M4	6,5f	0,53c	36,4b	66,3e
M5	6,1e	0,46ab	10,3a	63,0cd
M6	7,1h	0,60d	73,5g	64,7de
M7	5,9c	0,43a	55,8d	60,6ab
M8	6,5f	0,53c	74,9h	66,5e
M9	7,0g	0,58d	74,1gh	65,0de
M10	6,5f	0,58d	60,1e	62,4bc
średnia; mean	6,2	0,52	57,1	63,8

a-h – wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha = 0,05$ / a-h – mean values in the same column denoted by the same letter are not statistically significantly different at $\alpha = 0.05$

Badane próbki mąki żytniej wykazały również istotne zróżnicowanie pod względem wodochłonności (tab. 1). Próbka mąki M1 charakteryzowała się istotnie niższą wodochłonnością (średnio 59,9%) od większości pozostałych próbek mąki (za wyjątkiem próbki M7). Stwierdzono, że próbki: M2, M3, M4 i M8 odznaczały się istotnie wyższymi wodochłonnościami od próbek: M1, M5, M7, M10.

Aktywność enzymów amylolitycznych badanych próbek mąki żytniej oceniono na podstawie oznaczenia liczby opadania i cech amylograficznych (tab. 2). Wszystkie badane próbki mąki żytniej charakteryzowały się niską aktywnością enzymów amylolitycznych, gdyż liczba opadania wynosiła od 225 do 304 s. Wartości liczby opadania kształtowały się zatem powyżej zakresu optymalnego (125-200 s) dla mąki odpowiedniej do wypieku dobrej jakości pieczywa żytniego (Słowik 2005).

Tabela 2. Aktywność enzymów amylolitycznych badanych próbek mąki żytniej
Table 2. Amylolytic enzyme activity of examined rye flour samples

Próbka mąki żytniej Rye flour sample	Liczba opadania Falling Number (s)	Ocena amylograficzna Amylograph assay	
		Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego Amylograph peak viscosity (AU)	Końcowa temperatura kleikowania skrobi Final temperature of starch gelatinisation (°C)
M1	250bc	590bc	71,0c
M2	280de	1010f	74,0d
M3	244ab	650c	70,5c
M4	278de	780d	71,5c
M5	228ab	540ab	66,5b
M6	304f	820de	76,0e
M7	244ab	550ab	70,2c
M8	270cd	780d	71,0c
M9	225a	490a	59,0a
M10	296ef	875e	75,5de
średnia / mean	262	710	71,0

Objaśnienia jak pod tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne zróżnicowanie badanych próbek mąki żytniej pod względem cech amylograficznych (tab 2). Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego kształtowała się w zakresie od 490 AU (próbka M9) do 1010 AU (próbka M2). W podobnym zakresie rozwijały się maksymalne lepkości kleików skrobiowych sporządzonych z próbek mąki żytniej w badaniach Szafrąńskiej i Słowik (2014). Lepkości w zakresie 400-600 AU uważa się za optymalne w odniesieniu do mąki przeznaczonej do wypieku jasnego pieczywa żytniego (Verwimp i in. 2012). W niniejszych badaniach tylko 4 próbki mąki żytniej (M1, M5, M7 i M9) spełniały to wymaganie. W przypadku mąki żytniej ważnym parametrem wpływającym na jej wartość wypiekową jest również temperatura kleikowania skrobi (Czubaszek i in. 2011). Mąka żytnia odpowiednia do wypieku pieczywa powinna charakteryzować się końcową temperaturą kleikowania w zakresie 63-67°C (Verwimp i in. 2012). Spośród badanych próbek tylko mąka M5 odznaczała się odpowiednią temperaturą końcową kleikowania skrobi (średnio 66,5°C). Większość pozostałych próbek mąki żytniej (za wyjątkiem próbki M9, której temperatura końcowa kleikowania skrobi wynosiła tylko 59,0°C) charakteryzowała się końcową temperaturą kleikowania powyżej zakresu optymalnego.

Wyniki zawartości pentozanów w próbkach mąki żytniej przedstawiono w tab. 3. Analiza statystyczna wykazała istotne zróżnicowanie badanych próbek mąki żytniej pod względem zawartości poszczególnych frakcji pentozanów. Średnia zawartość pentozanów ogółem w odniesieniu do badanych próbek mąki żytniej kształtowała się na poziomie 4,51% s.m. Istotnie najniższą zawartością pentozanów ogółem charakteryzowała się próbka mąki M1 (średnio 3,91% s.m.), zaś próbki mąki – M3,

M4, M6 i M8 cechowały się w porównaniu do pozostałych próbek istotnie wyższymi zawartościami pentozańców ogółem (odpowiednio: 4,94, 4,95, 4,83 i 5,01% s.m.). Zaobserwowano, że próbki mąki, które zawierały najwięcej pentozańców ogółem, charakteryzowały się istotnie wyższymi wodochłonnościami w porównaniu do pozostałych próbek mąki. Na dodatnią zależność pomiędzy wodochłonnością mąki a zawartością pentozańców ogółem wskazali również Härkönen i in. (1994) oraz Hansen i in. (2004). Wykazano, że próbka M1 charakteryzowała się istotnie najniższą zawartością pentozańców rozpuszczalnych (1,87% s.m.) w porównaniu do większości pozostałych próbek (za wyjątkiem próbek: M5 i M10), zaś najwyższą próbka M4 (2,94% s.m.). Pod względem zawartości pentozańców nierozpuszczalnych, próbka M2 charakteryzowała się istotnie niższą zawartością tej frakcji pentozańców (1,73% s.m.) w porównaniu do większości pozostałych próbek (za wyjątkiem próbki M7), natomiast próbki: M3 i M8 cechowały się istotnie wyższymi zawartościami pentozańców nierozpuszczalnych (odpowiednio: 2,48 i 2,45% s.m.) w porównaniu do większości pozostałych próbek (za wyjątkiem próbki M6). Istotnie najwyższym udziałem pentozańców rozpuszczalnych charakteryzowały się próbki: M2 i M4 (średnio odpowiednio: 61 i 59%).

Tabela 3. Zawartość pentozańców w badanych próbkach mąki żytniej
Table 3. Pentosans content in examined rye flour samples

Próbka mąki żytniej Rye flour sample	Zawartość pentozańców ogółem (% s.m.) Total pentosans content (% d.m.)	Zawartość pentozańców rozpuszczalnych (% s.m.) Water soluble pentosans content (% d.m.)	Zawartość pentozańców nierozpuszczalnych (% s.m.) Water insoluble pentosans content (% d.m.)	Udział pentozańców rozpuszczalnych Percentage of pentosans water soluble (%)
M1	3,91a	1,87a	2,04b	48a
M2	4,40c	2,68ef	1,73a	61c
M3	4,94de	2,46cde	2,48d	50ab
M4	4,95de	2,94f	2,01b	59c
M5	4,14b	2,05ab	2,09bc	50ab
M6	4,83d	2,48cde	2,36cd	51ab
M7	4,16b	2,24bc	1,92ab	54b
M8	5,01e	2,56de	2,45d	51ab
M9	4,41c	2,35bcd	2,06b	53b
M10	4,24bc	2,12ab	2,12bc	50ab
średnia / mean	4,51	2,37	2,13	53

Objaśnienia jak pod tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1

W celu bezpośredniej oceny wartości wypiekowej badanych próbek mąki żytniej przeprowadzono wypieki laboratoryjne, a wyniki parametrów jakościowych otrzymanych chlebów przedstawiono w tabeli 4. Kwasowość chleba kształtowała się w zakresie od 1,6° kwasowości w przypadku chleba otrzymanego z mąki M2 do 3,2° kwasowości w odniesieniu do chleba z mąki M9. Kwasowość wszystkich

bochenków chleba spełniała wymagania normy PN-A-74101:1992, dotyczące maksymalnej kwasowości pieczywa, tj. nie więcej niż 8°kwasowości w przypadku jasnego pieczywa żytniego. W badaniach przeprowadzonych przez Katinę i in. (2005) wykazano, że istotny wpływ na stopień ukwaszenia produktów ma wartość liczby opadania. W niniejszej pracy istotnie najwyższą kwasowością cechował się chleb otrzymany z próbki mąki M9, która charakteryzowała się istotnie niższą od pozostałych próbek wartością liczby opadania.

Badane chleby były istotnie zróżnicowane pod względem objętości. Ze względu na niską aktywność enzymów amylolitycznych badanych próbek mąki żytniej, żaden z otrzymanych chlebów nie uzyskał oceny bardzo dobrej pod względem objętości według kryteriów podanych w normie PN-A-74108:1996 w odniesieniu do jasnego chleba żytniego (nie mniej niż 261 cm³ na 100 g pieczywa). Na poziomie niedostatecznym kształtowała się objętość chleba z próbki mąki M1 (206 cm³), natomiast najwyższą objętością (odpowiadającą poziomowi „dobra” według cytowanej normy) charakteryzowały się chleby otrzymane z próbek M2 (256 cm³) i M4 (252 cm³). Zaobserwowano, że chleby o największej objętości otrzymano z próbek mąki, które charakteryzowały się wysokimi wodochłonnościami oraz najwyższym udziałem pentozanów rozpuszczalnych. Jest to zbieżne z wynikami badań przeprowadzonymi przez Buknę i in. (2010).

Twardość jest jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących strukturę mięksizu pieczywa. W przeprowadzonych badaniach twardość mięksizu chleba oceniono po 1 i 4 dniach od wypieku. Stwierdzono, że mięksiz chleba z mąki M4 cechował się istotnie niższą twardością po 1 dniu od wypieku (19,7 N) w porównaniu do mięksizów chleba z próbek mąki: M6, M9 i M10 (odpowiednio: 25,9 N, 33,2 N i 36,5 N). Ponadto mięksiz chleba z mąki M4 charakteryzował się istotnie niższym przyrostem twardości po 4 dniach od wypieku w porównaniu do większości pozostałych mięksizów chleba (za wyjątkiem mięksizów z próbek mąki: M5, M7 i M8). Przyrost twardości mięksizu chleba z mąki M4 był istotnie niższy od większości pozostałych mięksizów (za wyjątkiem mięksizów z próbek mąki: M5 i M8). Z próbek mąki M9 i M10 otrzymano chleby charakteryzujące się istotnie najwyższą twardością mięksizu i największym przyrostem twardości w trakcie jego przechowywania. Te próbki mąki odznaczały się wysoką zawartością białka i wysoką zawartością popiołu. Mąki o wyższej zawartości popiołu w porównaniu do mąk o niższej jego zawartości charakteryzują się większym udziałem fragmentów okrywy, które wpływają istotnie na wzrost twardości mięksizu pieczywa (Bukna i in. 2010). Cytowane badania wykazały ponadto, że na kształtowanie twardości mięksizu chleba istotnie wpływa zawartość obecnych w mące pentozanów: ogółem, rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych. Takiej zależności nie uzyskano w obecnej pracy. Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy twardością mięksizu chleba a zawartością pentozanów: ogółem, rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych były statystycznie nieistotne

(tab. 5). Buksa i in. (2010) wykorzystali jako materiał badawczy próbki mąki całozirnowej otrzymane w warunkach laboratoryjnych na tym samym młynku, według tego samego schematu przemiałowego. W przeprowadzonych badaniach własnych materiał stanowiły próbki mąki żytniej o niskiej zawartości popiołu, wyprodukowane w różnych młynach przemysłowych o zróżnicowanej technologii przemiału, co prawdopodobnie było przyczyną zróżnicowania wyników.

Tabela 4. Parametry jakościowe chleba otrzymanego z badanych próbek mąki żytniej
Table 4. Quality parameters of bread obtained from examined rye flour samples

Próbka mąki żytniej Rye flour sample	Kwasowość pieczywa (%kwasowości) Titrable acidity (degree of acidity)	Objętość 100g chleba Volume of 100g of bread (cm ³ 100 ⁻¹ g)	Twardość miększu chleba po 1 dniu od wypieku Breadcrumb hardness one day after baking (N)	Twardość miększu chleba po 4 dniach od wypieku Breadcrumb hardness four days after baking (N)	Wzrost twardości miększu chleba przechowywanego przez 3 dni Increase of breadcrumb hardness after three days of storage (N)	Wilgotność miększu chleba Breadcrumb moisture content (%)
M1	1,8ab	206a	24,5ab	43,5bc	19,0bcd	43,2a
M2	1,6a	256f	25,2ab	44,9c	19,8cd	45,2bcd
M3	2,3bc	222b	25,4ab	45,6c	20,2d	45,1bc
M4	2,0abc	252ef	19,7a	29,1a	9,4a	47,7e
M5	1,9abc	240cd	22,3ab	34,8ab	12,4abc	44,8b
M6	2,4c	234c	25,9b	47,3c	21,4de	45,7cd
M7	2,0abc	240cd	20,8ab	38,1abc	17,3bcd	46,0d
M8	1,9abc	246de	22,8ab	34,4ab	11,6ab	47,6e
M9	3,2d	240cd	33,2c	61,8d	28,6ef	44,4b
M10	2,2bc	237cd	36,5c	68,4d	31,9f	44,8b
średnia /mean	2,1	237	25,6	44,8	19,2	45,5

Objaśnienia jak pod tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1

Otrzymane chleby żytnie były istotnie zróżnicowane pod względem wilgotności miększu. Miększ chleba otrzymany z próbek mąki: M4 i M8 charakteryzował się istotnie najwyższą wilgotnością (odpowiednio: 47,7 i 47,6%), podczas gdy miększ chleba otrzymanego z próbki mąki M1 cechował się istotnie najniższą wilgotnością (43,2%). Zaobserwowano, że chleby o najbardziej wilgotnym miększu otrzymano z próbek mąki charakteryzujących się istotnie najwyższą wodochłonnością. Obliczony współczynnik korelacji pomiędzy wilgotnością miększu chleba a wodochłonnością mąki był statystycznie istotny i kształtował się na poziomie $r = 0,598$ (tab. 5). Na zależność pomiędzy wodochłonnością mąki a wilgotnością miększu chleba wskazał również Buksa i in. (2010). W obecnej pracy, podobnie jak w badaniach Buksy (2014), stwierdzono, że chleby otrzymane z próbek mąki o wyższej zawartości pentozanów ogółem mają generalnie bardziej wilgotne miększe. Obliczony współczynnik korelacji pomiędzy zawartością pentozanów ogółem w mące i wilgotnością miększu chleba był istotny statystycznie i kształtował się na poziomie $r = 0,743$ (tab. 5).

Tabela 5. Współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi wyróżnikami jakościowymi mąki i pieczywa żytniego istotne przy $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$ *

Table 5. Correlation coefficients between selected quality parameters of rye flour and bread, significant at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$ *

Parametr Parameter	ZP	Wm	ZPO	ZPR	ZPN	%PR	O _{100g}	T1	T4	PT	W
ZB	0,758*	0,450	0,521	r.n.	0,444	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
ZP		0,557*	0,604*	r.n.	0,539	r.n.	r.n.	0,584*	0,539	0,482	r.n.
Wm			0,832*	0,829*	r.n.	r.n.	0,596*	r.n.	r.n.	r.n.	0,598*
ZPO				0,799*	0,588*	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,743*
ZPR					r.n.	0,790*	0,668*	r.n.	r.n.	r.n.	0,769*
ZPN						-0,622*	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
%PR							0,742*	r.n.	r.n.	r.n.	0,472
O _{100g}								r.n.	r.n.	r.n.	0,647*
T1									0,967*	0,900*	-0,479
T4										0,982*	-0,552*
PT											-0,584*

ZB – zawartość białka / protein content, ZP – zawartość popiołu / ash content, Wm – wodochłonność mąki / water absorption of flour, ZPO – zawartość pentozańców ogółem / total pentosans content; ZPR – zawartość pentozańców rozpuszczalnych – water soluble pentosans content; ZPN – zawartość pentozańców nierozpuszczalnych / water insoluble pentosans content; % PR – udział pentozańców rozpuszczalnych / percentage of water soluble pentosans; O_{100g} – objętość 100 g pieczywa / volume of 100 g of bread; T1 – twardość miększu chleba po 1 dniu od wypieku / breadcrumb hardness one day after baking; T4 – twardość miększu chleba po 4 dniach od wypieku / breadcrumb hardness four days after baking; PT – przyrost twardości miększu chleba podczas przechowywania / increase of breadcrumb hardness during storage, W – wilgotność miększu chleba / breadcrumb moisture content, r.n. – różnice nieistotne statystycznie / non-significant differences

WNIOSKI

1. Badane próbki mąki żytniej były istotnie zróżnicowane pod względem podstawowych wyróżników jakościowych, takich jak: zawartość białka i popiołu oraz granulacja. Ta zmienność wpłynęła na zróżnicowanie próbek mąki pod względem wodochłonności farinograficznej.

2. Wszystkie badane próbki mąki żytniej charakteryzowały się niską aktywnością enzymów amylolitycznych.

3. Wykazano istotne zróżnicowanie badanych próbek mąki żytniej pod względem zawartości pentozańców: ogółem, rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych oraz udziału pentozańców rozpuszczalnych.

4. Otrzymane chleby żytnie były istotnie zróżnicowane pod względem parametrów jakościowych. Chleby o najwyższej objętości otrzymano z próbek mąki, które charakteryzowały się wysoką wodochłonnością oraz najwyższym udziałem pentozańców rozpuszczalnych. Chleby otrzymane z próbek mąki o wyższej zawartości pentozańców ogółem miały bardziej wilgotne miększe.

5. Najkorzystniej oceniono chleb otrzymany z próbki mąki, która charakteryzowała się wysoką wodochłonnością, wysoką zawartością pentozańców ogółem i wysokim udziałem pentozańców rozpuszczalnych. Chleb ten charakteryzował się dużą objętością, a jego miękisz odznaczał się wysoką wilgotnością oraz najniższą twardością i przyrostem twardości podczas przechowywania pieczywa.

PIŚMIENNICTWO

- Arendt E., Ryan Liam A.M., Fabio D.B., 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiol.*, 24, 165-174.
- Beck M., Jekle M., Selmair P.L., Koehler P., Becker T., 2011. Rheological properties and baking performance of rye dough as affected by transglutaminase. *J. Cereal Sci.*, 54, 29-36.
- Borowy T., 2015. Wartość technologiczna i żywieniowa ziarna żyta. *Przeł. Zboż.-Młyn.*, 2, 3-6.
- Brümmer J.M., 2001. Problemy z oceną żyta do produkcji chleba w Niemczech. Materiały z pierwszej Bałkańskiej Konferencji na temat żyta w UE, Litwa.
- Buksa K., Nowotna A., Praznik W., Gambuś H., Ziobro R., Krawontka J. 2010. The role of pentosans and starch in baking of wholemeal rye bread. *Food Res. Int.*, 43, 2045-2051.
- Buksa K., 2014. Komponowanie składu mąki żytniej służącej do wypieku modelowych chlebków żytnich metodą bezpośrednią. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(93), 175-189.
- Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z., Fajarczak M., 2011. Wpływ dodatku produktów z owsa na właściwości wypiekowe mieszanek żytnio-owsianych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(78), 150-162.
- Cyran M., Cygankiewicz A., 2004. Variability in the content of water-extractable and water-unextractable non-starch polysaccharides in rye flour and their relationship to baking quality parameters. *Cereal Res. Commun.*, 32(1), 143-150.
- Cyran M.R., Dynkowska W.M., 2014. Mode of endosperm and wholemeal arabinoxylans solubilisation during rye breadmaking: Genotypic diversity in level, substitution degree and macromolecular characteristics. *Food Chem.*, 145, 356-364.
- Dornez E., Gebruers K., Cuyvers S., Delcour J.A., Courtin C.M., 2007. Impact of wheat flour-associated endoxylanases on arabinoxylan in dough after mixing and resting. *J. Agr. Food Chem.*, 55, 7149-7155.
- Gómez M., Pardo J., Oliete B., Caballero P., 2009. Effect of milling process on quality characteristics of rye flour. *J Sci Food Agric.*, 89, 470-476.
- Gräber S., 1999. The influence of enzyme treatment on the rheology of rye dough. *Food/Nahrung*, 43(4), 249-252.
- Hansen H.B., Møller B., Andersen S.B., Jørgensen J.R., Hansen Å., 2004. Grain characteristics, chemical composition, and functional properties of rye (*Secale cereale* L.) as influenced by genotype and harvest year. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 2282-2291.
- Härkönen H., Lehtinen P., Suortti T., Parkkonen T., Siika-Aho M., Poutanen K., 1994. The effect of a xylanase and a β -glucanase from *Trichoderma reesei* on the non-starch polysaccharides of whole meal rye slurry. *J. Cereal Sci.*, 21, 173-183.
- Hashimoto S., Shogren M.D., Pomeranz Y., 1987. Cereal pentosans. Their estimation and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products. *Cereal Chem.*, 64(1), 30-34.
- Jaekel L.Z., Silva C.B., Steel C., Change Y.K., 2012. Influence of xylanase addition on the characteristics of loaf bread prepared with white flour or whole grain wheat flour. *Ciencia Tecnol. Alime.*, 32(4), 844-849.

- Katina K., Arendt E., Liukkonen K.H., Auto K., Flander L., Poutanen K., 2005. Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends Food Sci. Tech.*, 16, 104-112.
- Kučerová J., 2009. Effect of location and year on technological quality and pentosans content in rye. *Czech J. Food Sci.*, 27(6), 418-424.
- Liukkonen K.H., Heiniö R.L., Salmenkallio-Marttila M., Auto K., Katina K., Poutanen K., 2006. Rye in Bakery Products: Science and Technology, 109-122.
- Michniewicz J., Wdowczyk A., 1994. Wpływ wyciągu i stopnia rozdrobnienia mąki żytniej na wybrane właściwości układów węglowodanowego i białkowego. *Przegl. Piekarski i Cukierniczy*, 6, 26-27.
- Nowotna A., Gambuś H., Liebhard P., Praznik W., Ziobro R., Berski W., Krawontka J., 2006. Characteristics of carbohydrate fraction of rye varieties. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 5(1), 87-96.
- Poutanen K., Katina K., Heiniö R.L., 2014. Rye. In *Bakery Products Science and Technology*, second edition, John Wiley&Sons, 75-87.
- Salmenkallio-Marttila M., Hovinen S., 2005. Enzyme activities, dietary fibre components and rheological properties of wholemeal flours from rye cultivars grown in Finland. *J. Sci Food Agric.*, 85, 1350-1356.
- Słowik E., 2005. Właściwości technologiczne i metody oceny żyta. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 3, 6-9.
- Słowik E., Mielcarz M., 2007. Właściwości wypiekowe mąki żytniej i ich ocena na podstawie badania krzywych pęcznienia. *Przegl. Piekarski i Cukierniczy*, 12, 14-17.
- Słowik E., Mielcarz M., Kot M., 2010. Wpływ stopnia rozdrobnienia mąki żytniej na jakość pieczywa żytniego. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 1, 10-13.
- Słowik E., 2011. Jakiej przemiany zachodzą podczas fermentacji kwasowej ciasta żytniego? *Przegl. Piekarski i Cukierniczy*, 4, 16-17.
- Stępniewska S., Cacak-Pietrzak G., 2016. Wartość wypiekowa mąki żytniej i metody jej oceny. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 4, 40-43.
- Szafrańska A., Słowik E., 2014. Zmiany właściwości wypiekowych mąki żytniej pod wpływem dodatku alfa-amylazy. *Acta Agroph.*, 21(2), 233-245.
- Verwimp T., Courtin C.M., Delcour J.A., 2012. Rye constituents and their impact on rye processing. In *Food Biochemistry and Food Processing*, second edition.
- Vinkx C.J.A., Delcour J.A., 1996. Rye (*Secale cereal L.*) arabinoxylans: a critical review. *J. Cereal Sci.*, 24, 1-14.
- Weipert D., 1997. Processing performance of rye as compared to wheat. *Cereal Food World*, 42(8), 706-712.
- Zhang S., Li W., Smith C.J., Musa H., 2015. Cereal-derived arabinoxylans as biological response modifiers: extraction, molecular features and immune-stimulating properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 1033-1050.

THE BAKING VALUE OF RYE FLOUR TYPE 500 FROM POLISH MILLS

Sylwia Stępniewska

Department of Grain Processing and Bakery
Prof. Waław Dąbrowski Institute of Agricultural and Food Biotechnology
Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa, Poland
e-mail: sylwia.stepniewska@ibprs.pl

Abstract. The aim of this work was to determine the baking value of rye flour type 500 from Polish industrial mills obtained in 2013. The ash content, protein content, granulation, farinograph water absorption, falling number, amylograph properties and pentosans contents (total, soluble and insoluble) were determined. The laboratory baking test was also performed. Volume of bread, and crumb acidity, hardness as well as moisture content were determined. It was found that the examined rye flour were significantly different in terms of all parameters which characterised their baking value. The Falling Number value indicated that the examined rye flours were of low amylolytic activity. Breads with the highest volume were obtained from samples of flour which were characterised by high water absorption and the highest percentage of soluble pentosans. Breads obtained from rye flour samples characterised by high total pentosans content had more moist crumb. The mostly preferable was bread obtained from rye flour which was characterised by high water absorption, high total pentosans content and high percentage of soluble pentosans. Bread made of this flour was characterised by high volume, the highest crumb moisture as well as the lowest hardness of bread and the lowest increase of hardness during the storage of bread.

Key words: amylolytic activity, quality of bread, rye flour, pentosans, starch