

OCENA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH PIECZYWA
ZE ZRÓŻNICOWANYM UDZIAŁEM MĄKI OWSIANEJ,
WYPIECZONEGO Z CIASTA PROWADZONEGO BEZ UDZIAŁU
I Z UDZIAŁEM ZAKWASU ŻYTNIEGO*

Gabriela Zięć¹, Halina Gambus¹, Dorota Litwinek¹, Anna Nowotna¹, Anna Mikulec²

¹Katedra Technologii Węglowodanów, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: gabriela.ziec@gmail.com

²Instytut Techniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu
ul. Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz

Streszczenie. Celem badań była ocena wybranych właściwości fizycznych chlebów pszenno-owsianych wypieczonych metodą na drożdżach, bez zakwasu z mąki żytniej lub z użyciem takiego zakwasu i ze zróżnicowanym udziałem mąki owsianej resztkowej (30 i 50% w stosunku do całkowitej masy mąki). Chleby te porównywano z takimi samymi chlebami z mąki owsianej handlowej. Jako wyróżniki jakości przyjęto: ocenę organoleptyczną, objętość bochenków, wilgotność miękiszu oraz jego cechy mechaniczne (met. TPA), zarówno w dniu wypieku jak i podczas 3-dobowego przechowywania. Stwierdzono, że chleby z 30% i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej, niezależnie od metody prowadzenia ciasta, uzyskały ocenę organoleptyczną w I klasie jakości, przy czym chleby pszenno – owsiane na zakwasie uzyskały lepszą ocenę za smak i zapach. Niezależnie od metody prowadzenia ciasta chleby z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej odznaczały się większą objętością niż te z mąką handlową. Miękisz chlebów z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej charakteryzował się mniejszą twardością, zarówno w dniu wypieku, jak i po 72 godzinach przechowywania, w odniesieniu do chlebów z mąką handlową, bez względu od metody prowadzenia ciasta. Niezależnie od ilościowego udziału i rodzaju użytej mąki owsianej chleby wypieczone na zakwasie odznaczały się mniejszym wzrostem twardości miękiszu podczas przechowywania, niż chleby wypieczone wyłącznie na drożdżach. Użycie zakwasu z mąki żytniej wpłynęło korzystnie na proces starzenia się chlebów pszenno-owsianych, zarówno z 30% jak i 50% udziałem obu rodzajów mąk owsianych, nie tylko ze względu na parametry tekstury miękiszu, ale również ograniczyło utratę wody podczas przechowywania.

Słowa kluczowe: chleb pszenno-owsiany, zakwas żytni, objętość, cechy mechaniczne miękiszu

* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki (NN 312331640).

WSTĘP

Pieczywo powinno stanowić podstawę zbilansowanej diety. W Polsce zaleca się spożywanie co najmniej 5 porcji produktów zbożowych w ciągu dnia, mimo tego wciąż obserwuje się systematyczne zmniejszanie się spożycia tego rodzaju produktów (Lange 2010, Gambuś i Litwinek 2013). Spożywanie chleba odgrywa istotną rolę w zaspokajaniu zapotrzebowania ludzkiego organizmu na białko, węglowodany, włókno pokarmowe, składniki mineralne i witaminy (Dewettinck i in. 2008, Różyło i in. 2011, Gambuś i in. 2011, Litwinek i in. 2013 a). Pieczywo powinno spełniać jednak wymagania konsumentów nie tylko ze względu na walory smakowe i zdrowotne, ale także ze względu na właściwości fizyczne tj. objętość, wilgotność miękiszu oraz cechy mechaniczne miękiszu, które są wyznacznikiem jakości chleba (Różyło i Laskowski 2009, Różyło i in. 2011). W kształtowaniu cech jakościowych pieczywa istotne znaczenie ma rodzaj stosowanej mąki a także metoda prowadzenia ciasta, bowiem odpowiednio dobrane parametry fermentacji ciasta oraz użycie zakwasu żytniego decydują o mechanicznych właściwościach miękiszu, w tym o okresie świeżości pieczywa, a także o jego aromacie (Dirndofer 2006, Różyło 2007, Różyło i Laskowski 2009).

W wyniku popularyzowania w Polsce wiedzy o zaletach i walorach zdrowotnych ziarna owsa w żywieniu człowieka obserwuje się coraz szersze zastosowanie przetworów z tego zboża niechlebowego w przemyśle spożywczym, szczególnie w produkcji pieczywa (Flander i in. 2007, Różyło 2007, Kawka 2010, Lange 2010, Gambuś i in. 2011, Litwinek i in. 2013 a). Ziarno owsa w odróżnieniu od zbóż chlebowych odznacza się większą zawartością nieskrobiowych polisacharydów, tj. β -glukanów i pentozanów, które nadają mu wyjątkową wartość fizjologiczno-żywniową. Jest także źródłem błonnika pokarmowego, składników mineralnych, witamin z grupy B i tokochochromanoli oraz innych przeciwutleniaczy (Bartnikowska i in. 2000, Kawka 2010, Lange 2010). Dostępne aktualnie na rynku krajowym produkty owsiane nie cieszą się dużą popularnością, dlatego też ze szczególną uwagą obserwuje się wszelkie nowości mające na celu spopularyzowanie spożycia przetworów owsianych. Jednym z nich jest preparat Betaven, tj. koncentrat β -D-glukanów, wyprodukowany przez firmę Microstructure sp. zo.o., w Warszawie. Zawiera on 60% błonnika pokarmowego, w tym 30% β -D-glukanów. Betaven powstaje na drodze segregacji fizycznej z płatków owsianych, specjalnie wyselekcjonowanych pod kątem dużej zawartości β -D-glukanów. Podczas jego produkcji produktem ubocznym jest mąka owsiana tzw. resztkowa, pozbawiona dużej części rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, ale charakteryzująca się korzystnym składem chemicznym z punktu widzenia żywienia człowieka. Mąka ta odznacza się dużą zawartością białka (ok. 12%), tłuszczu (ok. 7%), skrobi (ok. 70%), składników mineralnych wyrażonych jako popiół (ok. 1,62%) oraz błonnika pokarmowego (ok. 8%, w tym ok. 2% β -glukanów) (Gibiński i in. 2010, Zięć i in. 2010, Gambuś i in. 2011, Litwinek i in. 2013 a, b).

Dlatego też celem badań była ocena wybranych właściwości fizycznych chlebów pszenno-owsianych wypieczonych metodą na drożdżach bez zakwasu z mąki żytniej lub z użyciem takiego zakwasu i ze zróżnicowanym udziałem mąki owsianej resztkowej (30 i 50% w stosunku do całkowitej masy mąki). Chleby te porównywano z takimi samymi chlebami z mąki owsianej handlowej. Jako wyróżniki jakości przyjęto: ocenę organoleptyczną, objętość bochenków, wilgotność miękiszu oraz jego cechy mechaniczne (met. TPA – Texture Profil Analysis), zarówno w dniu wypieku jak i podczas 3-dobowego przechowywania.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym była mąka pszenna chlebowa typu 650 i mąka żytnia typu 720 użyta do produkcji zakwasu, zakupione w PZZ Kraków S.A., oraz mąka owsiana handlowa (MOH), zakupiona w młynie Bogutyn w Radzynie Podlaskim i mąka owsiana tzw. resztkowa (MOR) z firmy Microstructure w Warszawie. Surowce te wykorzystano do produkcji chleba pszenno-owsianego. Materiał badawczy stanowiły także chleby uzyskane według receptury przedstawionej w tabeli 1.

Chleby wypiekano metodą jednofazową wyłącznie na drożdżach oraz metodą z użyciem drożdży i zakwasu z mąki żytniej. Zakwas o konsystencji 300 wyprodukowano metodą jednofazową w żurowniku laboratoryjnym (skonstruowanym do tego celu w Katedrze Technologii Węglowodanów) z mąki żytniej typu 720. Podobnie jak Kawka i Górecka (2010) użyto kultur starterowych LV2 z firmy Lesaffre. Z mieszanek pszenno-owsianych, które zawierały 30 i 50% mąki owsianej w stosunku do całkowitej masy mąki, sporządzano ciasto o konsystencji 350 j. B. w mieszarce spiralnej Diosna, typu SP 12 w ciągu 9 min. (3 minuty przy wolnych obrotach miesidła i 6 minut przy szybkich). Chleby wypiekano w temp. 230°C przez 30 min, w piecu MIWE CONDO typ CO 2 608, według receptury opracowanej w Katedrze Technologii Węglowodanów (tab. 1).

Po wyjęciu z pieca chleby studzono przez ok. 2 godziny, następnie 10-cio osobowy panel, o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, przeprowadził ocenę organoleptyczną tych chlebów wg normy PN-A-74108: 1996. Chleby, przeznaczone do badania procesu ich starzenia się, pakowano w woreczki foliowe z polietylenu (LDPE) i przechowywano 72 godziny w komorze przechowalniczej o stałej temperaturze ok. 24°C.

W wypieczonych chlebach w dniu wypieku oznaczono:

- masę bochenków,
- całkowitą stratę wypiekową (Analiza zbóż...1983),
- wydajność pieczywa (Analiza zbóż...1983),
- objętość bochenków w laserowym analizatorze objętości Volscan Profiler.

Tabela 1. Receptura stosowana do wypieku chlebów pszenno – owsianych 70/30% oraz 50/50% bez udziału i z 10% udziałem mąki żytniej w formie zakwasu

Table 1. Recipe used for baking 70/30% and 50/50% wheat–oat breads, with or without 10% share of rye flour in the form of sourdough

Rodzaj chleba Kind of bread	Mąka pszenna typu 650 Wheat flour type 650 (g)	Mąka owsiana resztkowa Residual oat flour (g)	Mąka owsiana handlowa Commercial oat flour (g)	Mąka żytnia typu 720 Rye flour type 720 (g)	Drożdże Yeast (g)	Sól Salt (g)	Woda Water (cm ³)
MORD 70/30	700	300	–	–	30	20	670**
MORZ 70/30	630	270	–	100*	30	20	470
MOHD 70/30	700	–	300	–			640
MOHZ 70/30	630	–	270	100	30	20	440
MORD 50/50	500	500	–	–	30	20	670
MORZ 50/50	450	450		100	30	20	470
MOHD 50/50	500	–	500	–	30	20	670
MOHZ 50/50	450	450		100	30	20	470

* – mąka żytnia wprowadzona w formie 300 g zakwasu – rye flour as 300 g sourdough,

** – oznaczona wodorochłonność na 500 j. B + 30 cm³ H₂O w celu doprowadzenia do konsystencji ciasta 350 j. B – water absorption assayed at 500 U. B + 30 cm³ H₂O in order to achieve dough consistency of 350 to U. B.

Oceniając proces starzenia się chlebów w każdym kolejnym dniu, począwszy od dnia wypieku, badano:

- wilgotność miększu zarówno w dniu wypieku jak i podczas 3-dobowego przechowywania (wg. AOAC 2006, metoda nr 925.10). W związku z migracją wody w miększu chleba ze środka bochenka do skórki (Gambuś 1997) do pomiaru wilgotności pobierano miększ zawsze z tego samego miejsca: ze środka bochenka odcinano 2 kromki o grubości 3 cm i pobierano miększ w każdym dniu przechowywania, ze środka każdej kromki.

- wybrane cechy mechaniczne miększu metodą TPA tj. twardość, żujność i spójność, w analizatorze tekstury TA. XT Plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Test polegał na dwukrotnym ściśnięciu próby w środkowej części kromki o grubości 3 cm, trzpieniem o średnicy 20 mm z prędkością $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Przerwa między przesuwami wynosiła 2 s, a stopień kompresji 3 mm.

Wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA), stosując program komputerowy Statistica 10.0. Istotność różnic weryfikowano testem Duncana, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wyniki przedstawiono jako wartości średnie z trzech powtórzeń \pm odchylenie standardowe.

WYNIKI I DYSKUSJA

Handlowa mąka pszenna typu 650 stosowana do wypieku charakteryzowała się dobrą wartością wypiekową, o czym świadczą jej wodochłonność – 60%, zawartość mokrego glutenu (29,3%) i indeks glutenowy mieszczący się w granicach 60-90%, (PN-ISO 5530-1:1999, PN-EN ISO 21415-1:2007). Mąki owsiane, resztkowa i handlowa, charakteryzowały się większą zawartością włókna pokarmowego, popiołu całkowitego i tłuszczu surowego oraz mniejszą zawartością białka, o korzystniejszym składzie aminokwasowym, w porównaniu z mąką pszenną typu 650 (Zięć i in. 2010, Gambuś i in. 2011, Litwinek i in. 2013 b).

Chleby z udziałem mąki owsianej resztkowej (MOR) (30 i 50%), niezależnie od metody prowadzenia ciasta, konsumenci ocenili na co najmniej 37 punktów, za co w ocenie organoleptycznej uzyskały ocenę w pierwszej klasie jakości. Ponadto chleby pszenno – owsiane na zakwasie (MORZ) uzyskały lepszą ocenę za smak i zapach. Chleby z udziałem mąki owsianej handlowej (MOH), wypieczone wyłącznie na drożdżach (MOHD), uzyskały taką samą ocenę jak chleby z mąki owsianej resztkowej, natomiast chleby z 10% udziałem mąki żytniej w formie zakwasu (MOHZ) zostały gorzej ocenione, ze względu na wygląd zewnętrzny (mniejsza objętość bochenków) i uzyskały ocenę organoleptyczną w drugiej klasie jakości.

Stwierdzono istotnie mniejszą objętość chlebów pszenno-owsianych z 50% udziałem mąki owsianej, zarówno resztkowej jak i handlowej, niezależnie od metody prowadzenia ciasta, w odniesieniu chlebów z 30% udziałem tych mąk. Spowodowane to jest odmiennym składem frakcyjnym białek owsianych, tj. mniejszą zawartością białek glutenowych, które decydują m. in. o strukturze miększu pieczywa, a większą ilością białek rozpuszczalnych i frakcji azotu niebiałkowego (Oomah 1983, Gambuś i in. 2006, Kawka i Górecka 2010, Kawka 2010). Chleby z 30% udziałem mąki owsianej resztkowej lub handlowej wypieczone metodą z użyciem zakwasu żytniego odznaczały się istotnie mniejszą objętością, w porównaniu z chlebami bez zakwasu. Taką samą tendencję, tj. mniejszą obję-

tość chlebów pszenno-owsianych wypieczonych metodą z użyciem zakwasu żytniego, zaobserwowano w chlebach z 50% udziałem mąki owsianej, niezależnie od jej rodzaju. Udział mąki owsianej resztkowej (30 i 50%) wpłynął korzystnie na badaną cechę, bowiem wszystkie badane chleby odznaczały się większą objętością niż chleby z mąką handlową – tabela 2.

Tabela 2. Ocena wybranych wyróżników jakości badanych chlebów w dniu wypieku
Table 2. Evaluation of selected quality traits of studied breads on baking day

Rodzaj chleba Kind of bread	Objętość Volume (cm ³)	Masa chleba zimnego Weight of cold bread (g)	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss (%)	Wydajność pieczywa Yield of bread (%)	Wilgotność miększu Moisture of bread crumb (%)	Ocena organoleptyczna Sensory assessment	
						Suma punktów Total score	Klasa jakości Quality grade
MORD 70/30	650 h* ± 0,05	212,5 a ± 0,09	13,4 b ± 0,01	144,6 d ± 0,15	41,5 ± 0,12 a	37 ± 0,01	I
MORZ 70/30	567 f ± 0,03	212,4 a ± 0,01	15,0 c ± 0,05	141,8 a ± 0,09	42,6 b ± 0,05	38 ± 0,30	I
MOHD 70/30	575 g ± 0,08	213,0 a ± 0,00	14,2 b ± 0,20	142,3 b ± 0,40	41,9 a ± 0,09	37 ± 0,05	I
MOHZ 70/30	520 e ± 0,02	212,2 a ± 0,05	14,6 a ± 0,30	143,0 c ± 0,05	42,6 b ± 0,17	33 ± 0,12	II
MORD 50/50	416 d ± 0,04	218,7 b ± 0,09	13,4 b ± 0,03	144,4 d ± 0,15	42,6 b ± 0,10	37 ± 0,10	I
MORZ 50/50	394 c ± 0,07	218,4 b ± 0,50	15,1 c ± 0,09	141,8 a ± 0,40	43,7 c ± 0,09	38 ± 0,08	I
MOHD 50/50	380 b ± 0,10	217,0 b ± 0,70	13,3 b ± 0,07	144,6 d ± 0,05	42,8 b ± 0,05	37 ± 0,02	I
MOHZ 50/50	374 a ± 0,09	218,1 b ± 0,10	12,8 a ± 0,80	145,7 e ± 0,10	43,4 c ± 0,09	32 ± 0,09	II

*wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ – values in columns marked with different letters are significantly different at $\alpha = 0.05$.

Większą objętość i smak chlebów z udziałem mąki resztkowej można prawdopodobnie wiązać z niewielkim uszkodzeniem ziarenek skrobiowych w tej mą-

ce, która w większym stopniu była poddana obróbce mechanicznej podczas produkcji preparatu Betaven (Gibiński i in. 2013). Z kolei uszkodzone ziarenka skrobiowe mogły dostarczyć większych ilości cukrów potrzebnych drożdżom do fermentacji i lepszego wyrośnięcia bochenka.

Zwiększenie udziału mąki owsianej, zarówno resztkowej jak i handlowej, do 50%, spowodowało istotnie większą masę bochenka, niezależnie od stosowanej metody prowadzenia ciasta, co można tłumaczyć większym związaniem wody przez miękisz, a co potwierdza istotnie większa wilgotność tych chlebów w dniu wypieku – tabela 2.

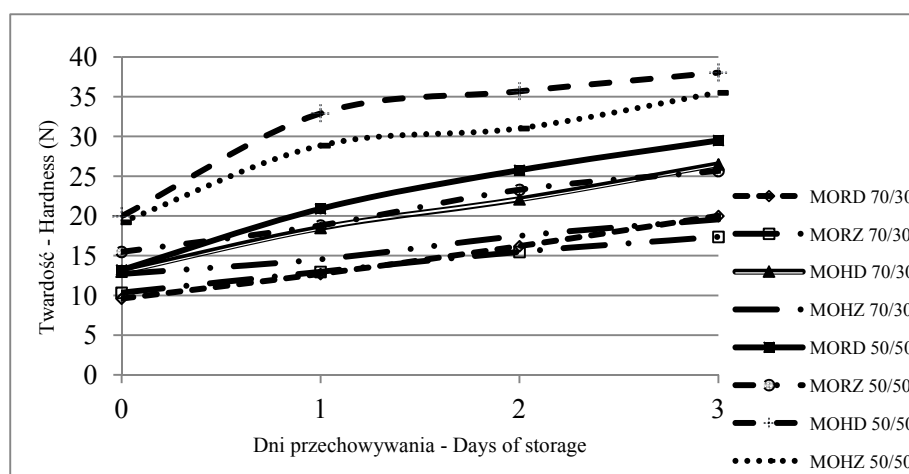
Chleby na zakwasie, zarówno z 30% jak i 50% udziałem mąki resztkowej, charakteryzowały się jednak mniejszą wydajnością pieczywa i większą stratą wypiekową niż chleby wypieczone wyłącznie na drożdżach. Chleby z mąki owsianej handlowej (niezależnie od udziału tej mąki) na zakwasie pozwoliły uzyskać większą wydajność pieczywa, a tym samym mniejszą stratę wypiekową, niż chleby z mąki handlowej owsianej wypieczone wyłącznie na drożdżach (tab. 2). Powodem tych różnic mogła być inna zawartość β -glukanów w obu rodzajach stosowanych mąk owsianych (Zięć i in. 2010, Gambuś i in. 2011, Litwinek i in. 2013 a i b).

Oceniając starzenie się pieczywa przez kolejne 3 doby przechowywania, w dniu wypieku i w każdym kolejnym dniu, oznaczano wilgotność miększu badanych chlebów oraz jego cechy mechaniczne, analizą TPA.

Zanotowano znaczące różnice w twardości miększu wszystkich badanych chlebów podczas przechowywania (rys. 1-3). W dniu wypieku miękisz chlebów z 30% udziałem mąki owsianej, resztkowej i handlowej, niezależnie od metody prowadzenia ciasta, charakteryzował się najmniejszą twardością i ta tendencja utrzymywała się podczas całego okresu przechowywania (tab. 3, rys. 1).

Miękisz chlebów z 30 i 50% udziałem mąki owsianej (resztkowej i handlowej) w dniu wypieku wykazał zbliżone wartości twardości, zależne tylko od ilości wprowadzonej mąki owsianej – tabela 3. Cecha ta uległa znacznemu zwiększeniu we wszystkich badanych chlebach już po pierwszej dobie przechowywania, co jest związane głównie z retrogradacją amylozy w skrobi, zarówno pszennej jak i owsianej (Gambuś 1997, Fik 2004). Skrobia owsiana z natury odznacza się mniejszą skłonnością do retrogradacji, z powodu tworzenia się kompleksów amylozowo – tłuszczowych, które utrudniają ten proces (Zhou 1998, 1999). Ponadto w badaniach procesu retrogradacji skrobi owsianej, wyizolowanej z mąki handlowej i resztkowej, metodą DSC i turbidymetryczną wykazano, że skrobia z mąki owsianej resztkowej retrograduje wolniej niż skrobia z mąki handlowej (Ziobro i in. 2013). Potwierdziła tę cechę mniejsza twardość miększu chlebów z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej w dniu wypieku, jak i po 3-dniowym przechowywaniu, w odniesieniu do twardości chlebów z udziałem mąki owsianej handlowej.

Istotny wpływ metody prowadzenia ciasta zaobserwowano w przypadku rozpatrywania zmian twardości miększu przechowywanych chlebów. Niezależnie od ilościowego udziału i rodzaju użytej mąki owsianej chleby wypieczone na zakwasie, odznaczały się mniejszym wzrostem twardości miększu podczas przechowywania, niż chleby wypieczone wyłącznie na drożdżach (rys. 1).



Rys. 1. Zmiany twardości miększu podczas 3-dobowego przechowywania chlebów z 30% i 50% udziałem mąki owsianej

Fig. 1. Changes in crumb hardness of breads with 30% and 50% share of oat flour, during 3-day storage

Tabela 3. Wybrane mechaniczne cechy miększu (TPA) w dniu wypieku

Table 3. Some mechanical characteristics of the crumb (TPA) on a baking day

Rodzaj chleba Kind of bread	Twardość (N) Hardness (N)	Żujność (N) Chewiness (N)	Spójność Cohesiveness
MORD 70/30	9,60 a* ± 0,05	5,49 a ± 0,40	0,58 b ± 0,04
MORZ 70/30	10,34 a ± 0,10	6,24 b ± 0,30	0,65 c ± 0,20
MOHD 70/30	10,98 b ± 0,30	5,30 a ± 0,05	0,60 c ± 0,01
MOHZ 70/30	11,45 b ± 0,05	7,60 c ± 0,07	0,67 c ± 0,08
MORD 50/50	15,21 c ± 0,09	5,57 a ± 0,80	0,44 a ± 0,03
MORZ 50/50	16,48 c ± 0,04	6,67 b ± 0,10	0,55 a ± 0,60
MOHD 50/50	19,96 d ± 0,45	5,10 a ± 0,05	0,46 a ± 0,55
MOHZ 50/50	19,21 d ± 0,50	9,66 d ± 0,06	0,55 b ± 0,70

*wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ – values in columns marked with different letters are significantly different at $\alpha = 0.05$.

Większy, 50% udział mąki owsianej, resztkowej i handlowej, istotnie zwiększył twardość i żujność miękiszu, w odniesieniu do chlebów z 30% udziałem tej mąki.

W świetle współczesnych badań (Fardet i in. 2006) wykazano, że im bardziej struktura miękiszu jest zbita (twarda), tym mniejsza jest odpowiedź glikemiczna organizmu po zjedzeniu takiego chleba. Podczas procesu trawienia pozostaje on dłużej w przewodzie pokarmowym w postaci większych cząstek i powierzchnia działania α -amylazy na skrobię w nim zawartą jest mniejsza. Prowadzi to zwykle do powolnej i stopniowej hydrolizy skrobi, a tym samym względnie niskiego indeksu glikemicznego takiego pieczywa (Fardet i in. 2006). Ponadto kwasy organiczne, które powstają podczas fermentacji zakwasu żytniego dodawanego do tych chlebów, wykazują zdolność do spowalniania opróżniania gastrycznego, jak również mogą się przyczynić do wzmocnienia oddziaływania pomiędzy skrobią a białkiem (glutenem), ograniczając w ten sposób dostępność skrobi dla enzymów (Ostman i in. 2002)

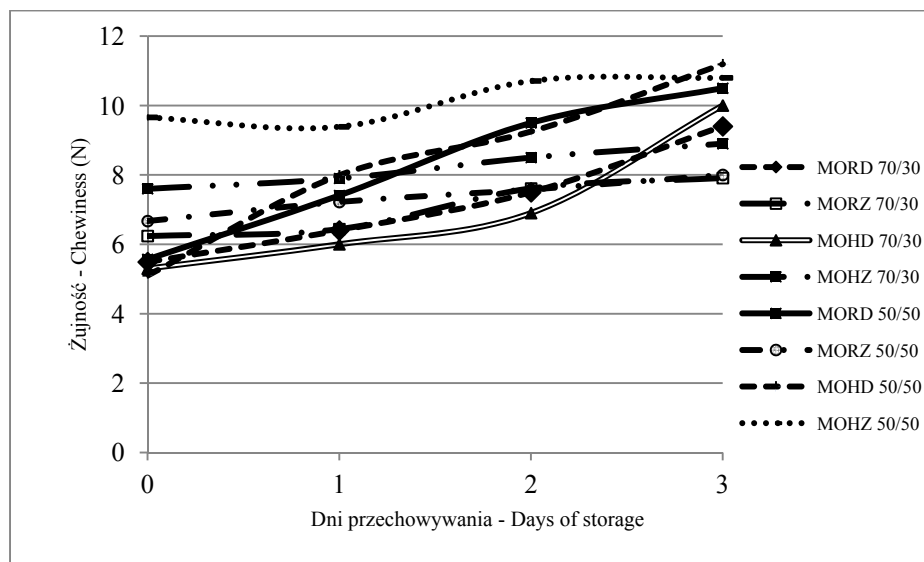
Cechą miękiszu związaną z twardością jest żujność, czyli energia wymagana podczas żucia do takiego rozdrobnienia produktów stałych, aby nadawały się do połknięcia (Surówka 2002). W ocenie miękiszu chlebów na zakwasie odnotowano większą żujność miękiszu chlebów z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej i handlowej, zarówno w dniu wypieku, jak i podczas 3 – dobowego przechowywania niż miękisz chlebów wypieczonych wyłącznie na drożdżach (tab. 3, rys. 2).

Podobnie jak w przypadku pomiarów twardości, w dniu wypieku oznaczono podobną żujność miękiszu chlebów wypieczonych wyłącznie na drożdżach, niezależnie od rodzaju i udziału użytej mąki. Jednak podczas procesu przechowywania żujność miękiszu tych chlebów wzrastała szybciej niż chlebów na zakwasie i była większa po okresie przechowywania (rys. 2).

Spójność miękiszu wszystkich badanych chlebów zmniejszała się sukcesywnie podczas całego okresu przechowywania, niezależnie od rodzaju użytej mąki i metody wypieku (rys. 3). W przypadku wszystkich chlebów zauważono jednak, że udział zakwasu wpłynął korzystnie na tę cechę.

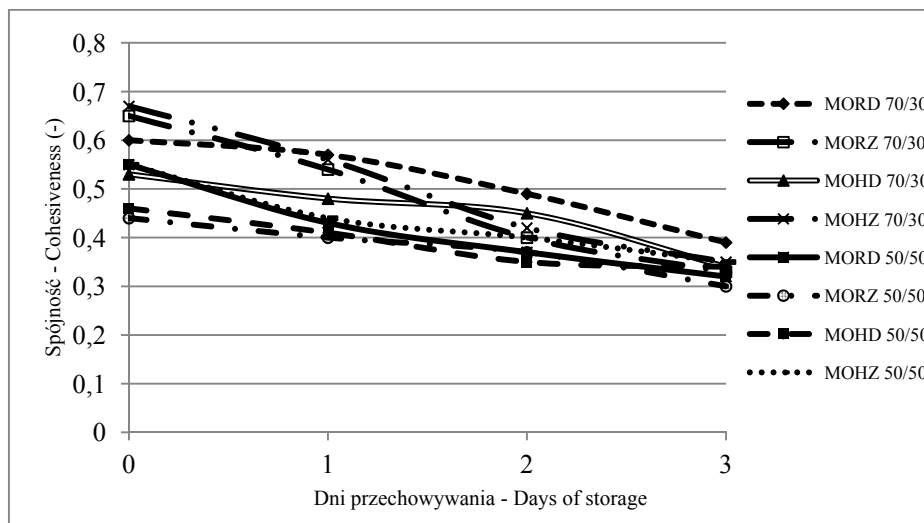
Wyniki wilgotności miękiszu badanych chlebów potwierdziły ocenę twardości. Wraz z czasem przechowywania wilgotność chlebów pszenno-owsianych malała (tab. 4). Chleby wypieczone z 10% udziałem mąki żytniej w formie zakwasu, przy obu zastosowanych udziałach (30% i 50%) i rodzajach mąki owsianej, charakteryzowały się większą wilgotnością, zarówno w dniu wypieku jak i przez cały okres przechowywania. Jest to związane z ukwaszeniem ciasta na skutek fermentacji mlekowej, co znacznie opóźnia proces retrogradacji skrobi i tym samym pieczywo dłużej zachowuje świeżość (Gambuś i Litwinek 2013).

Zaobserwowano, że użycie zakwasu z mąki żytniej wpłynęło korzystnie na proces czerstwienia chlebów pszenno-owsianych, zarówno z 30% jak i 50% udziałem obu rodzajów mąki owsianej. Przyczyniło się do poprawy parametrów tekstury, ale również ograniczyło utratę wody podczas ich przechowywania.



Rys. 2. Zmiany żujności miękiszu podczas 3-dobowego przechowywania w chlebach z 30% i 50% udziałem mąki owsianej

Fig. 2. Changes in crumb chewiness of breads with 30% and 50% share of oat flour, during 3-day storage



Rys. 3. Zmiany spójności miękiszu podczas 3-dobowego przechowywania w chlebach z 30% i 50% udziałem mąki owsianej

Fig. 3. Changes in cohesiveness of the crumb of breads with 30% and a 50% share of oat flour, during 3-day storage

Tabela 4. Zmiany wilgotności miękiszu badanych chlebów podczas 3-dobowego przechowywania

Table 4. Changes in crumb moisture of the examined bread during 3-day storage

Rodzaj chleba Kind of bread	Wilgotność miększu podczas przechowywania Crumb moisture during storage			
	0*	1	2	3
MORD 70/30	41,5 a** ± 0,12	40,9 a ± 0,20	40,7 a ± 0,50	40,5 a ± 0,80
MORZ 70/30	42,6 b ± 0,05	41,8 b ± 0,80	41,6 b ± 0,10	41,3 a ± 0,90
MOHD 70/30	41,9 a ± 0,09	41,0 a ± 0,05	40,9 a ± 0,65	40,6 a ± 0,03
MOHZ 70/30	42,6 ± 0,17	41,7 b ± 0,02	41,0 a ± 0,30	41,0 a ± 0,05
MORD 50/50	42,6 b ± 0,10	41,3 b ± 0,65	41,0 a ± 0,45	40,8 a ± 0,06
MORZ 50/50	43,7 c ± 0,09	42,8 c ± 0,70	42,3 b ± 0,90	42,0 b ± 0,04
MOHD 50/50	42,8 b ± 0,05	41,7 b ± 0,02	41,3 a ± 0,25	41,0 a ± 0,90
MOHZ 50/50	43,4c ± 0,09	42,5 c ± 0,25	42,2 b ± 0,05	42,0 b ± 1,50

*0 – dzień wypieku; 1 – pierwszy dzień po wypieku; 2 – drugi dzień po wypieku; 3 – trzeci dzień po wypieku – *0 baking day; 1 – first day after baking; 2 – second day after baking; 3 – third day after baking

**wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ – **values in columns marked with different letters are significantly different at $\alpha = 0,05$.

WNIOSKI

1. Chleby z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej, niezależnie od metody prowadzenia ciasta, uzyskały ocenę organoleptyczną w I klasie jakości, przy czym chleby pszenno – owsiane na zakwasie otrzymały lepszą ocenę za smak i zapach.

2. Niezależnie od metody prowadzenia ciasta chleby z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej odznaczały się większą objętością bochenków niż z mąki handlowej.

3. Miększość chlebów z 30 i 50% udziałem mąki owsianej resztkowej charakteryzował się mniejszą twardością w dniu wypieku, oraz po 72 godzinach przechowywania niż chlebów z mąki owsianej handlowej, niezależnie od metody prowadzenia ciasta.

4. Niezależnie od ilościowego udziału i rodzaju użytej mąki owsianej, chleby wypieczone na zakwasie odznaczały się mniejszym wzrostem twardości miększu podczas przechowywania, niż chleby wypieczone wyłącznie na drożdżach.

5. Użycie zakwasu z mąki żytniej wpłynęło korzystnie na proces czerstwienia chlebów pszenno-owsianych, zarówno z 30% jak i 50% udziałem obu rodzajów mąk owsianych, nie tylko ze względu na parametry tekstury miększu, ale również ograniczyło utratę wody podczas przechowywania.

PIŚMIENICTWO

- AOAC, 2006. Official Methods of Analysis, 18th Edition, Gaithersburg, Association of Analytical Chemists International.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M., 2000. Ziarno owsa niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. Część II. Polisacharydy, włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. Biuletyn IHAR, 215, 209-222 i 223-237.
- Dewettinck K., van Bockstaele F., Kuhne B., van de Walle D., Courtens T.M., 2008. Gellynck X: Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception, *J. Cereal Sci.*, 48, 243-257.
- Dirndofer M., 2006. Prefermenty w pszennych ciastach i ich wpływ na proces wytwarzania ciasta i smak pieczywa. *Przegl. Piek. Cukier.*, 10, 11-16.
- Fardet A., Leenhardt F., Lioger D., Remesy Ch., 2006. Parameters controlling the glycaemic response to bread. *Nutr. Res. Rev.* 19, 18-25.
- Fik M., 2004. Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego trwałości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(39), 5-22.
- Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Suortti T., Autio K., 2007. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT – Food Science and Technology*, 40, 860-870.
- Gambuś H., 1997. Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, rozprawy nr 226.*
- Gambuś H., Gambuś F., Pisulewska E., 2006. Całoziarnowa mąka owsiana jako źródło składników dietetycznych w chlebach pszennych. *Biul. IHAR*, 239, 259-267
- Gambuś H., Litwinek D., 2013. Pieczywo – dlaczego warto jeść i jakie wybierać? [www. dieta. Medycynapraktyczna.pl/zasady/show.html?id=74904](http://www.dieta.Medycynapraktyczna.pl/zasady/show.html?id=74904).
- Gambuś H., Zięć G., Gibiński M., Pastuszka D., Nowakowski K., 2011. Wykorzystanie resztkowej mąki owsianej do wypieku chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 566, 49- 60.
- Gibiński M., Berski W., Buksa K., Gryszkin A., Sabat R., Nowotna A., Gambuś H., 2013. Porównanie właściwości skrobi wyizolowanej z mąki owsianej resztkowej i handlowej. *Materiały XLI Sesji Naukowej Komitetu Nauk o Żywności PAN. Innowacyjność w Nauce o Żywności i Żywieniu, Kraków 2-3 lipca.*
- Gibiński M., Gambuś H., Nowakowski K., Mickowska B., Pastuszka D., Augustyn G., Sabat R., 2010. Wykorzystanie mąki owsianej – produktu ubocznego przy produkcji koncentratu z owsa w piekarstwie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(70), 56-75.
- Haber T., Jakubczyk T., 1983. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych.* Wydawnictwo SGGW-AR.
- Kawka A., 2010. Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(70), 25-43.
- Kawka A., Górecka D., 2010. Porównanie składu chemicznego pieczywa pszenno-owsianego i pszenno-jęczmiennego z udziałem zakwasów fermentowanych starterem LV2. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (70), 44-55
- Lange E., 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (70), 7-24.
- Litwinek D., Gambuś H., Zięć G., Sabat R., Wywrocka-Gurgul A., Berski W., 2013 a. The comparison of quality and chemical composition of breads baked with residual and commercial oat flours and wheat flour. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2 (Special issue on BQRMF) 1734-1743.

- Litwinek D., Gambuś H., Mickowska B., Zięć G., Berski W., 2013b. Amino acids composition of proteins in wheat and oat flours used in breads production. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2 (Special issue on BQRMF) 1725-1733
- Oomah B.D., 1983. Baking and related properties of wheat-oat composite flours. *Cereal Chem.*, 60, 220-225.
- Ostman E.M., Nilsson M., Liljeberry E., Malion G., Bjoerc I.M.E., 2002. On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin response to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and in vivo. *J. Cereal. Sci.*, 36, 336-346.
- PN-EN ISO 21415-1:2007. Pszenica i mąka pszenna – Zawartość glutenu – Część 1: Oznaczanie ilości glutenu mokrego metodą ręcznego wymywania.
- PN-ISO 5530-1:1999. Mąka pszenna – Fizyczne właściwości ciasta – Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- Różyło R., 2007. Zmiany cech tekstury miększu chleba pszennego pod wpływem dodatku produktów z owsa. *Acta Agrophysica*, 10(3), 667-676.
- Różyło R., Laskowski J., 2009. Porównanie cech jakościowych chleba pszennego wypieczonego z ciasta prowadzonego jednofazowo i dwufazowo. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5 (66), 83-95.
- Różyło R., Laskowski J., Dziki D., 2011. Właściwości fizyczne chleba pszennego wypiekanego z ciasta o zróżnicowanych parametrach. *Acta Agrophysica*, 18 (2), 421-430.
- Surówka K., 2002. Tekstura żywności i metody jej badania. *Przemysł Spożywczy*, 56, 10, 12-17.
- Zhou M., Robards K., Glennie – Holmes M., 1999. Effects of oat lipids and groat meal pasting properties. *J. Sci. Food Agric.*, 79, 585 -592.
- Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwell S., 1998. Structure and Pasting Properties of Oat Starch. *Cereal Chemistry*, 75 (3), 273-281.
- Zięć G., Gambuś H., Gumul D., Kowalski S., Łukasiewicz M., 2010. Pasting properties and chemical composition of the new oat flour, obtained in the β -D-glucans concentrate production., Editor: Markoš, J., In Proceedings of the 37th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, Slovakia, 1526-1526.
- Ziobro R., Berski W., Witczak M., Nowotna A., Gambuś H., 2013. Retrogradacja skrobi pochodzącej z mąki owsianej resztkowej i handlowej. Materiały XLI Sesji Naukowej Komitetu Nauk o Żywności PAN. *Innowacyjność w Nauce o Żywności i Żywieniu*, Kraków 2-3 lipca.

EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF BREAD WITH DIFFERENT SHARE OF OAT FLOUR IN DOUGH MADE WITH OR WITHOUT RYE SOURDOUGH

Gabriela Zięć¹, Halina Gambuś¹, Dorota Litwinek¹, Anna Nowotna¹, Anna Mikulec²

¹Department of Carbohydrate Technology, Agricultural University in Krakow
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków
e-mail: gabriela.ziec@gmail.com

²Institute of Technology, National University of Applied Sciences in Nowy Sącz
ul. Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz

Abstract. The main goal of this study was the evaluation of physical properties of wheat-oat bread baked with yeast, with or without rye sourdough and with different share of residual oat flour (30% or 50% relative to the total weight of the flour). These breads were compared with identical

bread made of commercial oat flour. The adopted quality indicators included the following: sensory assessment, bread volume, crumb moisture and crumb mechanical properties (met. TPA), both on baking day and during 3-day storage. The breads with 30% and 50% share of residual oat flour, regardless of the dough making methods, obtained a sensory evaluation in the first quality class, wherein the wheat–oat breads with rye sourdough obtained a better score for taste and smell. Breads with 30% and 50% share of residual oat flour were characterised by larger volume than those of commercial oat flour, irrespective of the dough making methods. Crumb of the breads with 30% and 50% share of residual oat flour was characterised by lower hardness both on baking day and after 72 hours of storage, for breads of commercial oat flour, regardless of the dough making method. Breads with rye sourdough were characterised by a lower increase of crumb hardness during storage than breads baked with yeast only, regardless of the quantity participation and type of oat flour used. Using rye sourdough influenced favourably the process of staling of wheat–oat breads, both with 30% or 50% share of the two types of oat flour, not only the crumb texture parameters, but also reduced the loss of water during storage.

Key words: wheat–oat bread, rye sourdough, volume, mechanical properties of crumb