

GABRIELA ZIĘĆ

## WŁAŚCIWOŚCI TEKSTURALNE MIĘKISZU I JAKOŚĆ CHLEBÓW PSZENNO-OWSIANYCH

### Streszczenie

Celem pracy była ocena zmian wybranych właściwości teksturalnych miękiszu chlebów pszenno-owsianych z 50-procentowym udziałem mąki owsianej resztkowej, wytworzonych metodą fermentacji przy użyciu drożdży bez zakwasu z mąki żytniej (MORD) lub z użyciem takiego zakwasu (MORZ). Chleby te porównywano z chlebami z 50-procentowym udziałem mąki owsianej handlowej, wytworzonymi tymi samymi metodami (MOHD i MOHZ) oraz z chlebem pszennym przygotowanym wyłącznie przy użyciu drożdży (MPD). Zastosowany 50-procentowy udział mąki owsianej resztkowej lub handlowej wpłynął na zwiększenie wydajności tego pieczywa – o około 6 % oraz zmniejszenie objętości (o 360 cm<sup>3</sup>), w porównaniu z chlebem pszennym. Niezależnie od metody prowadzenia ciasta chleby wypieczone z udziałem mąki owsianej resztkowej oceniono wyżej w zakresie cech organoleptycznych niż chleby z mąką owsianą handlową. Stwierdzono, że odbojność i spójność miękiszu wszystkich badanych chlebów zmniejszała się sukcesywnie podczas całego okresu przechowywania. Wszystkie badane chleby pszenno-owsiane odznaczały się większą twardością (o około 8 N) i żuźnością (o około 3,5 N) w dniu wypieku, w porównaniu z chlebem pszennym. Zaobserwowano wpływ użycia zakwasu na proces twardnienia miękiszu badanych chlebów, zarówno na ograniczenie intensywności tego procesu, jak i ostateczny wynik po 3 dobach przechowywania – chleby pszenno-owsiane bez udziału zakwasu charakteryzowały się znacznie większą twardością już po pierwszej dobie przechowywania niż chleby z jego udziałem.

**Słowa kluczowe:** mąka owsiana resztkowa, chleby pszenno-owsiane, parametry tekstury miękiszu, cechy organoleptyczne chlebów

### Wprowadzenie

Produkty zbożowe odgrywają zasadniczą rolę w żywieniu człowieka. We wszystkich schematach propagujących zasady prawidłowego żywienia (tzw. piramidach żywieniowych) w podstawie trójkąta obrazującego zalecane spożycie poszczególnych

rodzajów produktów umieszczono przetwory zbożowe, w tym pieczywo, które powinny stanowić bazę dziennej racji pokarmowej zdrowego człowieka [11].

Jakość pieczywa zależy od wielu czynników, w tym od rodzaju użytej mąki, jej właściwości czy stosowanych dodatków. Produkuje się pieczywo m.in. z udziałem mąki lub ziaren zbóż niechlebowych, które korzystnie wpływają na jego wartość odżywczą oraz walory smakowo-zapachowe [17]. Konsumenci poszukują pieczywa o dobrym smaku, charakteryzującego się długo świeżością, odpowiednią barwą miękiszu i dobrą teksturą [7, 13]. Cechy mechaniczne miękiszu pieczywa decydują o jakości produktu świeżego, ale świadczą też o zmianach zachodzących podczas jego przechowywania oraz określają wpływ różnych dodatków na cechy tekstury [7, 25].

Od lat powszechne zainteresowanie wzbudza ziarno owsa. Obserwuje się coraz szersze zastosowanie przetworów z tego zboża niechlebowego w przemyśle spożywczym, szczególnie do produkcji pieczywa [9, 17, 21, 26]. Przetwory owsiane w odróżnieniu od przetworów ze zbóż chlebowych odznaczają się większą zawartością nieskrobiowych polisacharydów, tj. włókna pokarmowego,  $\beta$ -D-glukanów oraz pentozanów. Są także dobrym źródłem składników mineralnych, witamin z grupy B, tokochromanoli oraz innych przeciwutleniaczy [3, 17, 21]. Do handlu wprowadzane są nowe produkty owsiane, które mają zachęcić konsumentów do spożywania przetworów z tego wartościowego ziarna. Jednym z takich produktów jest koncentrat  $\beta$ -glukanów, produkowany pod nazwą Betaven przez firmę Microstructure Sp. z o.o. w Warszawie. Podczas izolacji składników Betavenu ze zmikronizowanych płatków owsianych powstaje jako produkt uboczny mąka owsiana, tzw. resztkowa, pozbawiona wprawdzie dużej części rozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, ale charakteryzująca się pod względem żywieniowym nadal bardzo korzystnym składem chemicznym [12, 31].

W ujęciu ilościowym w procesie produkcji Betavenu powstaje 10 razy więcej produktu ubocznego, tj. mąki tzw. resztkowej niż produktu głównego.

Z uwagi na walory produktów wzbogacanych przetworami owsianymi celem pracy była ocena zmian wybranych właściwości teksturalnych miękiszu chlebów pszenno-owsianych z 50-procentowym udziałem mąki owsianej resztkowej, wytworzonych metodą fermentacji przy użyciu drożdży bez zakwasu z mąki żytniej lub z użyciem takiego zakwasu. Chleby te porównywano z chlebami z 50-procentowym udziałem mąki owsianej handlowej, wytworzonymi tymi samymi metodami oraz z chlebem pszennym przygotowanym wyłącznie przy użyciu drożdży.

### **Materiał i metody badań**

Materiałem doświadczalnym były chleby pszenno-owsiane z 50-procentowym udziałem mąki owsianej resztkowej (Microstructure Sp. z o.o., Warszawa) lub handlowej (Młyn Gospodarczy Bogutyn, Radzyń Podlaski) w mieszance, sporządzone

z udziałem lub bez udziału zakwasu z mąki żytniej oraz chleb pszenny przygotowany przy użyciu drożdży. Mąka pszenna i żytnia pochodziły z PZZ Kraków S.A.

Wszystkie badane chleby wypiekano metodą bezpośrednią – jednofazową według receptur przedstawionych w tab. 1.

Zakwas o konsystencji 300 j.B. otrzymano z mąki żytniej typu 720 i kultur startowych LV2 (Lesaffre Polska S.A.) metodą jednofazową, w żurowniku laboratoryjnym własnej konstrukcji. Fermentację prowadzono w temp. 31 °C przez 20 h, z automatycznym mieszaniem przez 10 s w odstępach 10-minutowych.

Z mieszanek pszenno-owsianych, które zawierały 50 % mąki owsianej w stosunku do całkowitej masy mieszanki sporządzano ciasto o konsystencji 350 j.B. w mieszarce spiralnej Diosna, typ SP 12 (Dierks & Söhne, Niemcy), w ciągu 9 min i formowano kęsy o masie 250 g. Chleby wypiekano w temp. 230 °C przez 30 min w piecu Miwe Condo, typ CO 2608 (Miwe, Niemcy). W przypadku chlebów sporządzanych z użyciem zakwasu do mieszanek pszenno-owsianych dodawano wcześniej przygotowanego zakwasu żytniego i postępowano tak samo jak przy wytwarzaniu chlebów pszenno-owsianych z użyciem drożdży.

Po wyjęciu z pieca chleby studzono przez około 2 h, następnie ważono, mierzono objętość w laserowym analizatorze objętości Volscan Profiler (Stable Micro Systems, Wielka Brytania) i wykonywano organoleptyczną ocenę punktową według PN-A-74108:1996 [21] przez 15-osobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej. Oceniano następujące wyróżniki jakości pieczywa: wygląd zewnętrzny, barwę i grubość skórki, elastyczność i porowatość miękiszu, smak oraz zapach. Do uzyskanej liczby punktów doliczano każdorazowo 8 punktów za wskaźniki fizykochemiczne w celu standaryzacji oceny organoleptycznej z fizykochemiczną. Na podstawie ogólnej liczby punktów określano klasę jakości pieczywa. Wyliczano również całkowitą stratę wypiekową oraz wydajność otrzymanego pieczywa [15].

Chleby przechowywano przez 3 doby w woreczkach z folii polietylenowej (LDPE) i w stałych warunkach wilgotności względnej (64 %) oraz w temp. 20 °C. Zarówno w dniu wypieku, jak i każdego dnia przechowywania oznaczano: wilgotność miękiszu chleba (według AOAC 2006, metoda nr 925.10) [1] oraz wybrane cechy mechaniczne miękiszu metodą TPA, tj. twardość, żujność, odbojność i spójność w analizatorze tekstury TA. XT Plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Test polegał na dwukrotnym ściśnięciu próbki w środkowej części kromki o grubości 3 cm trzpieniem o średnicy 20 mm z prędkością przesuwu 2 mm·min<sup>-1</sup>. Przerwa między przesuwami wynosiła 2 s, a stopień kompresji – 3 mm.

Tabela 1. Receptury chlebów: pszenne oraz pszenno-owsianych (50/50 %), bez udziału mąki żytniej i z 10-procentowym jej udziałem (w stosunku do całkowitej masy mąki) w formie zakwasu  
 Table 1. Recipes for wheat flour bread and wheat and oats flour bread (50/50 %) without and with 10 % of rye flour (in relation to the total flour weight) added in the form of sourdough

Rodzaj chleba Type of bread	Mąka pszenna typu 650 Wheat flour type 650 [g]	Mąka owsiana resztkowa Residual oats flour [g]	Mąka owsiana handlowa Commercial oats flour [g]	Mąka żytnia typu 720 Rye flour type 720 [g]	Drożdże Yeast [g]	Sól Salt [g]	Woda Water [cm <sup>3</sup> ]
MORD	500	500	-	-	30	20	660*
MORZ	450	450	-	100 w formie 300 g zakwasu 100 in the form of 300 g sourdough	30	20	460
MOHD	500	-	500	-	30	20	660
MOHZ	450	-	450	100 w formie 300 g zakwasu 100 in the form of 300 g sourdough	30	20	460
MPD	1000	-	-	-	30	20	610

Objaśnienia / Explanatory notes:

MORD – chleb pszenno-owsiany z udziałem mąki owsianej resztkowej, sporządzony przy użyciu drożdży / wheat and oats flour bread with residual oats flour made using yeast; MORZ – chleb pszenno-owsiany z udziałem mąki owsianej resztkowej, sporządzony przy użyciu zakwasu żytniego / wheat and oats flour bread with residual oats flour made using rye sourdough; MOHD – chleb pszenno-owsiany z udziałem mąki owsianej handlowej, sporządzony przy użyciu drożdży / wheat and oats flour bread with commercial oats flour made using yeast; MOHZ – chleb pszenno-owsiany z udziałem mąki owsianej handlowej, sporządzony przy użyciu zakwasu żytniego / wheat and oats flour bread with commercial oats flour made with using rye sourdough; MPD – chleb pszenno-owsiany sporządzony przy użyciu drożdży / wheat flour bread made using yeast; \* – oznaczona wodochłonność 500 j.B + 30 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O w celu doprowadzenia do konsystencji ciasta 350 j.B / water absorption determined at 500 B.U. + 30 cm<sup>3</sup> of H<sub>2</sub>O in order to achieve a dough consistency of 350 B.U.

Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) w programie Statistica 10.0. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Duncana przy  $p \leq 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Zastosowany 50-procentowy udział mąki owsianej resztkowej (lub handlowej) wpłynął na zwiększenie masy pieczywa pszenno-owsianego, przygotowanego zarówno z użyciem drożdży (MORD, MOHD), jak i z użyciem zakwasu żytniego (MORZ, MOHZ), a tym samym na zwiększenie wydajności tego pieczywa w porównaniu z chlebem pszennym (tab. 2). Związane jest to z większym zatrzymaniem wody w miękiszu chlebów z udziałem obu rodzajów mąk owsianych oraz większą wodochłonnością mieszanek mąki pszennej z owsianymi, o czym świadczy istotnie większa wilgotność miękiszu tych chlebów oznaczona w dniu wypieku. Jednak chleby pszenno-owsiane wypieczone z użyciem zakwasu odznaczały się istotnie ( $p \leq 0,05$ ) większą wilgotnością niż chleby pszenno-owsiane sporządzone z użyciem drożdży (tab. 2). Duża zdolność wiązania wody przez produkty owsiane wynika głównie z obecności silnie chłonących wodę  $\beta$ -D-glukanów i drobniejszej granulacji tej mąki w porównaniu z mąką pszenną, co zostało udokumentowane we wcześniejszych badaniach [2, 5, 12, 17, 19, 32]. Większą wilgotność chlebów pszenno-owsianych z udziałem zakwasu żytniego (MORZ, MOHZ) można natomiast tłumaczyć wniesieniem do ciasta pszenno-owsianego pewnej ilości pentozanów wraz z ukwaszoną mąką żytnią, które, podobnie jak  $\beta$ -D-glukany, są nieskrobiowymi polisacharydami silnie chłonącymi wodę [4].

Istotny ( $p \leq 0,05$ ) wpływ użycia mąki owsianej stwierdzono podczas analizy zmian objętości bochenków badanych chlebów. Chleby z 50-procentowym udziałem mąki owsianej (resztkowej lub handlowej), niezależnie od metody prowadzenia ciasta, odznaczały się znacznie mniejszą objętością niż chleb pszenny (tab. 2). Wynika to z odmiennego składu frakcyjnego białek owsianych, tj. z mniejszej zawartości białek strukturotwórczych, które decydują m.in. o strukturze miękiszu pieczywa, a większej zawartości białek rozpuszczalnych i frakcji azotu niebiałkowego [12, 16, 17, 32].

W ocenie punktowej wszystkie badane chleby zostały zakwalifikowane do pierwszej klasy jakości, mimo przyporządkowania przez oceniających mniejszej liczby punktów chlebom z mąkami owsianymi, przygotowanym zarówno z użyciem drożdży, jak i z zakwasem, głównie za wygląd zewnętrzny i mniejszą porowatość miękiszu (tab. 2). Chleby z mąkami owsianymi zostały jednak wysoko ocenione ze względu na smak i zapach oraz grubszą i bardziej chrupiącą skórkę. Niżej niż chleby pszenno-owsiane z udziałem mąki resztkowej i drożdży (MORD) oceniono takie same chleby pszenno-owsiane z udziałem mąki owsianej handlowej (MOHD) oraz chleby pszenno-owsiane (niezależnie od rodzaju użytej mąki) z zakwasem (MORZ, MOHZ). Podkreślono ich większą twardość, bardziej zbity mięksisz i nieznacznie mniejszą objętość (tab. 2).

W ocenie jakości pieczywa ważne są właściwości teksturalne jego miękiszu, w głównej mierze cechy mechaniczne pieczywa. Twardość miękiszu pieczywa jest jednym z najczęściej określanych parametrów charakteryzujących teksturę chleba [7].

Tabela 2. Wyniki oceny jakości badanych chlebów w dniu wypieku  
Table 2. Results of quality assessment of bread loaves on the day of baking

Rodzaj chleba Type of bread	Masa chleba zimnego Weight of cold bread [g]	Objętość Volume [cm <sup>3</sup> ]	Wydajność pieczywa Bread yield [%]	Całkowita strata wypiekowa Total baking loss [%]	Wilgotność miękiszu Crumb moisture [%]	Ocena punktowa Points assessment	
						Suma punktów Score	Klasa jakości Quality class
MORD	210,21 <sup>b</sup> ± 2,85	405,03 <sup>a</sup> ± 27,20	140,24 <sup>b</sup> ± 1,89	15,32 <sup>a</sup> ± 1,14	42,94 <sup>b</sup> ± 0,76	38 ± 0,65	I
MORZ	211,47 <sup>b</sup> ± 1,44	395,74 <sup>a</sup> ± 12,02	139,09 <sup>b</sup> ± 0,95	15,91 <sup>a</sup> ± 0,57	43,85 <sup>c</sup> ± 0,82	37 ± 0,70	I
MOHD	210,14 <sup>b</sup> ± 2,62	399,47 <sup>a</sup> ± 19,59	138,87 <sup>b</sup> ± 1,74	15,77 <sup>a</sup> ± 1,05	42,85 <sup>b</sup> ± 1,28	37 ± 0,53	I
MOHZ	211,57 <sup>b</sup> ± 1,17	391,60 <sup>a</sup> ± 30,28	140,48 <sup>b</sup> ± 1,18	15,37 <sup>a</sup> ± 0,70	43,23 <sup>c</sup> ± 1,54	37 ± 0,15	I
MPD	208,46 <sup>a</sup> ± 1,84	762,08 <sup>b</sup> ± 26,19	134,25 <sup>a</sup> ± 1,19	16,81 <sup>b</sup> ± 0,74	42,38 <sup>a</sup> ± 0,87	39 ± 1,50	I

Objaśnienia / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1 / Meaning of the symbols as in Tab. 1; W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations. n = 3; a - c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy p ≤ 0,05 / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at p ≤ 0.05

Po analizie twardości miękiszu badanych chlebów, wyrażonej jako maksymalna siła mierzona podczas pierwszego zginięcia miękiszu w analizie TPA, stwierdzono, że w dniu wypieku chleby pszenno-owsiane (z mąki resztkowej i handlowej), fermentowane przy użyciu drożdży, jak i zakwasu, odznaczały się około 2,5-krotnie większymi wartościami tego parametru (średnio 13 N) niż chleby pszenne (ok. 5 N) – tab. 3. Wynika to z około dwukrotnie większej zawartości włókna pokarmowego w obu mąkach owsianych w porównaniu z mąką pszenną [32]. Udowodniono bowiem, że składnik ten znacząco pogarsza parametry tekstury miękiszu chleba [12, 32]. Większa twardość chlebów z udziałem produktów owsianych, nawet ze znacznie mniejszym ich udziałem niż 50 % masy mąki pszennej, jest już dobrze poznana [12, 19, 26, 32]. Łączona jest z mniejszą objętością, jak i bardziej zbitą strukturą miękiszu, co z kolei jest wynikiem mniejszej zawartości białek glutenowych w takich chlebach.

Tabela 3. Parametry tekstury miękiszu badanych chlebów w dniu wypieku

Table 3. Texture parameters of bread crumb on the day of baking

Rodzaj chleba Type of bread	Parametry tekstury / Texture parameters			
	Twardość Hardness [N]	Żujność Chewiness [N]	Odbojność Resilience	Spójność Cohesiveness
MORD	13,62 <sup>c</sup> ± 0,12	6,30 <sup>b</sup> ± 0,90	0,25 <sup>a</sup> ± 0,05	0,52 <sup>a</sup> ± 0,06
MORZ	13,88 <sup>d</sup> ± 0,42	6,18 <sup>b</sup> ± 0,16	0,26 <sup>a</sup> ± 0,04	0,53 <sup>a</sup> ± 0,06
MOHD	12,28 <sup>b</sup> ± 0,28	6,01 <sup>b</sup> ± 2,06	0,27 <sup>a</sup> ± 0,04	0,55 <sup>a</sup> ± 0,05
MOHZ	13,55 <sup>c</sup> ± 0,25	6,60 <sup>b</sup> ± 0,01	0,28 <sup>a</sup> ± 0,02	0,54 <sup>a</sup> ± 0,01
MPD	4,60 <sup>a</sup> ± 0,19	3,48 <sup>a</sup> ± 0,18	0,48 <sup>b</sup> ± 0,03	0,51 <sup>a</sup> ± 0,34

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Chleby pszenno-owsiane przygotowane przy użyciu zakwasu żytniego (MORZ lub MOHZ) charakteryzowały się większą twardością w porównaniu z ich odpowiednikami sporządzonymi z udziałem drożdży (MORD lub MOHD), ze względu na mniejszą zawartość białek glutenowych w tych chlebach, na skutek zastąpienia mąki pszennej mąką żytnią w formie zakwasu (tab. 3), przy czym chleby z mąki handlowej (MOHD) odznaczały się mniejszymi wartościami tego parametru od chlebów z owsianą mąką resztkową. Chleby pszenno-owsiane sporządzone z udziałem zakwasu zawierały jeszcze mniej białek glutenowych tworzących strukturę zatrzymującą gazy w procesie wypieku, co było spowodowane 10-procentowym udziałem mąki żytniej (nietworzącej siatki glutenowej) wprowadzonej w formie zakwasu [4, 6]. W dniu wypieku chleby pszenno-owsiane charakteryzowały się większą twardością miękiszu niż chleb pszenny, jednak chleby z udziałem mąki owsianej handlowej wypieczone z ciasta fermentowanego drożdżami (MOHD) odznaczały się mniejszymi wartościami tego parametru niż chleby z udziałem mąki resztkowej, niezależnie od zastosowanego procesu technologicznego (tab. 3). Przyczyną tych różnic mogło być większe skleikowanie skrobi z mąki resztkowej podczas procesu wypieku na skutek niewielkiego uszkodzenia ziarenek tej skrobi w procesie mikronizacji i większego wypływu z ziarenek liniowej amylozy, która najszybciej ulega procesowi retrogradacji, nawet jeszcze w piecu lub podczas chłodzenia chlebów po wypieku [20].

Żujność, czyli energia potrzebna do rozdrobnienia (żucia) produktu, doprowadzająca go do stanu nadającego się do połknięcia, jest wypadkową (iloczynem) twardości, spójności i sprężystości [26]. Stwierdzono, że podobnie jak w przypadku pomiarów twardości, żujność miękiszu chlebów pszenno-owsianych była istotnie większa (około 6 N) w porównaniu z miękiszem chleba pszennego – MPD (ok. 3,5 N) – tab. 3. Nie zaobserwowano natomiast istotnych ( $p \leq 0,05$ ) różnic pod względem żujności pomię-

dzy chlebami pszenno-owsianymi przygotowanymi przy użyciu zakwasu (MORZ, MOHZ) lub z użyciem drożdży (MORD, MOHD) – tab. 3.

Najmniejszą odbojnością odznaczały się chleby pszenno-owsiane, które charakteryzowały się prawie dwukrotnie mniejszą odbojnością niż chleb pszenny (tab. 3). Wynikało to z mniejszej objętości, mniejszej porowatości i większej twardości chlebów pszenno-owsianych w porównaniu z pszennymi. Nie wykazano różnic pomiędzy wartościami tego parametru chlebów z udziałem zakwasu żytniego i bez tego udziału.

Spójność wszystkich badanych chlebów była podobna, co może sugerować, że miękisz chlebów pszenno-owsianych był tak samo odporny na niszczenie struktury jak miękisz chleba pszennego. Prawdopodobnie większa zawartość tłuszczu w obu mąkach owsianych wpłynęła korzystnie na tę cechę miękiszu [17], mimo niekorzystnego oddziaływania nierozpuszczalnej frakcji włókna pokarmowego, w które bogate były obie użyte do wypieku mąki owsiane [12].

Podobne wyniki pomiarów parametrów tekstury chlebów pszenno-owsianych uzyskali inni autorzy [12, 26, 32].

Oceniano proces starzenia się pieczywa przez 3 dni przechowywania. W dniu wypieku i w kolejnych dwóch dniach oznaczono wilgotność miękiszu badanych chlebów oraz profil ich tekstury (analiza TPA).

Wraz z upływem czasu przechowywania chlebów zaobserwowano, że ubytek wody był niewielki, zarówno w chlebie pszennym, jak i w chlebach z udziałem obu mąk owsianych, niezależnie od metody prowadzenia ciasta (tab. 4). Różnice ubytku wody w miękiszu po jednej dobie przechowywania tylko w przypadku miękiszu chleba z mąk owsianej resztkowej i handlowej sporządzonych z użyciem drożdży (MORD i MOHD) okazały się statystycznie istotne ( $p \leq 0,05$ ), a dalsze zmiany zawartości wody w miękiszu tych chlebów były statystycznie nieistotne do końca okresu przechowywania, co w dużej mierze należy przypisać prawidłowemu przechowywaniu chlebów w woreczkach z folii polietylenowej (LDPE) i w stałych warunkach wilgotności i temperatury.

Wyniki dotyczące zawartości wody w miękiszu są potwierdzeniem teorii, że pieczywo nie musi tracić wody podczas przechowywania. Już Senti i Dimler [27] zaobserwowali, że pozorne wysuszenie miękiszu chleba może być wynikiem transferu wody w chlebie z miękiszu do skórki i że zmniejszenie zawartości wody w glutenie lub skrobi, albo w obydwu tych koloidach, powoduje wzrost sztywności ścian porów powietrznych miękiszu i przez to wzrost jego twardości. Teorię tę potwierdziła Gambuś [10]. Zatem czerstwy, twardy miękisz pieczywa zawiera często tyle samo wody, co świeży [10, 20].

Przez cały okres przechowywania w chlebach pszenno-owsianych wykazywano większą wilgotność miękiszu w porównaniu z chlebem pszennym. Zaobserwowano



także po okresie przechowywania największą utratę wody (około 3,5 %) przez miękisz chleba pszennego (tab. 4).

Tabela 4. Wilgotność miękiszu badanych chlebów podczas 3-dobowego przechowywania  
Table 4. Moisture of crumbs of analyzed bread loaves during 3 days of storage

Rodzaj chleba Type of bread	Wilgotność miękiszu podczas przechowywania Moisture of crumb during storage [%]				Całkowity ubytek wilgotności Total loss in moisture [%]
	Czas przechowywania [doby] Storage period [days]				
	0	1	2	3	
MORD	42,94 <sup>b</sup> ± 0,76	42,57 <sup>a</sup> ± 0,64	42,26 <sup>a</sup> ± 0,05	41,98 <sup>a</sup> ± 1,13	2,23 <sup>A</sup> ± 0,32
MORZ	43,85 <sup>b</sup> ± 0,82	43,18 <sup>ab</sup> ± 0,37	42,94 <sup>a</sup> ± 0,56	42,74 <sup>a</sup> ± 0,89	2,53 <sup>A</sup> ± 0,04
MOHD	42,85 <sup>b</sup> ± 1,28	42,25 <sup>a</sup> ± 0,62	41,98 <sup>a</sup> ± 0,59	41,56 <sup>a</sup> ± 0,77	3,01 <sup>B</sup> ± 0,50
MOHZ	43,23 <sup>b</sup> ± 1,54	43,06 <sup>ab</sup> ± 0,31	42,67 <sup>a</sup> ± 2,41	41,99 <sup>a</sup> ± 1,76	2,86 <sup>B</sup> ± 0,02
MPD	42,38 <sup>b</sup> ± 0,87	41,96 <sup>ab</sup> ± 0,63	41,67 <sup>a</sup> ± 0,80	40,87 <sup>a</sup> ± 0,02	3,56 <sup>B</sup> ± 0,04

Objaśnienia / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1; / Meaning of the symbols as in Tab. 1.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 2, 0 – dzień wypieku / day of baking; 1 – pierwsza doba po wypieku / first day after baking; 2 – druga doba po wypieku / second day after baking; 3 – trzecia doba po wypieku / third day after baking; a - b – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in lines denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$ . A - B – wartości średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in column denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$ .

Zaobserwowano różnice wilgotności miękiszu pomiędzy chlebami pszenno-owsianymi, zależne od udziału w nich zakwasu żytniego, w dniu wypieku, które zostały zachowane podczas kolejnych dni przechowywania. Chleby pszenno-owsiane sporządzone z użyciem zakwasu (MORZ, MOHZ) przez cały okres przechowywania odznaczały się większą wilgotnością niż chleby z użyciem drożdży (MORD, MOHD) a także najmniejszym ubytkiem wody (ok. 2 %) po okresie przechowywania (tab. 4), co prawdopodobnie wynikało z obecności w mące żytniej pentozanów.

W oznaczeniach profilu tekstury miękiszu chlebów pszenno-owsianych i pszennego zauważono, że mimo niewielkiego ubytku wody podczas przechowywania, badane chleby przejawiały oznaki starzenia się, tj. wyraźną zmianę parametrów profilu tekstury pomiędzy dniem wypieku a trzecią dobą przechowywania.

Stwierdzono, że chleby wypieczone z użyciem zakwasu już po jednej dobie przechowywania cechowały się nieznacznie mniejszą twardością miękiszu niż pozostałe chleby, a tendencja ta utrzymywała się przez cały okres przechowywania. To korzystne

oddziaływanie zakwasu na przemiany strukturalne skrobi tłumaczy się biologicznym zakwaszeniem środowiska, aktywnością proteolityczną i amylolityczną mikroflory zakwasu, dzięki czemu zmniejsza się stopień skleikowania skrobi, co uznawane jest za przyczynę opóźnienia czerstwienia pieczywa [24]. Mniejszy wzrost twardości miękiszu chlebów z udziałem zakwasu niż chlebów przygotowanych z użyciem drożdży mógł być spowodowany opóźnieniem procesu retrogradacji skrobi i w efekcie mniejszą szybkością twardnienia miękiszu [16]. Ponadto, produkowane przez bakterie mlekowe kompleksy polisacharydowo-białkowe działają jak naturalne emulgatory, wpływając korzystnie na opóźnienie czerstwienia chleba [6]. Natomiast twardość miękiszu chleba pszenno-owsianego, począwszy od pierwszej doby przechowywania, odznaczała się podobnymi wartościami jak twardość miękiszu chlebów pszenno-owsianych sporządzonych przy użyciu drożdży, przy czym w ostatniej dobie przechowywania była największa spośród porównywanych chlebów (tab. 5).

Największy wzrost twardości miękiszu nastąpił po pierwszej dobie przechowywania, zarówno w chlebie pszennym (MPD), jak i w chlebach pszenno-owsianych z udziałem drożdży lub zakwasu żytniego (MORD, MORZ, MOHD, MOHZ) – tab. 5, co potwierdza wyniki wcześniejszych badań [8, 20] i wiąże się z największą retrogradacją amylozy w tym czasie [8, 10]. Skrobia owsiana z natury odznacza się mniejszą skłonnością do retrogradacji ze względu na dużą zawartość w niej lipidów, które tworząc kompleksy amylozowo-tłuszczowe, utrudniają ten proces [29, 30]. Te właściwości zostały potwierdzone istotnie ( $p \leq 0,05$ ) mniejszym wzrostem twardości miękiszu chlebów pszenno-owsianych (z udziałem drożdży jak i zakwasu) po pierwszej dobie przechowywania (o ok.  $35 \div 45$  %) w porównaniu z miękiszem chleba pszenno-owsianego (wzrost twardości o 79 %). Ponadto w badaniach procesu retrogradacji skrobi owsianej, wyizolowanej z mąki handlowej i resztkowej, metodą DSC i turbidymetryczną wykazano, że skrobia z mąki owsianej resztkowej ulega retrogradacji wolniej niż skrobia z mąki handlowej [33], co może tłumaczyć mniejszy wzrost twardości po pierwszej dobie przechowywania miękiszu chlebów wypieczonych z 50-procentowym udziałem mąki owsianej resztkowej (MORD – o 35 %, MORZ – o 25 %) niż miękiszu chlebów z udziałem mąki handlowej (MOHD – o 45 %, MOHZ – o 35 %) – tab. 5.

Po trzech dobach przechowywania stwierdzono największy (ponad 5-krotny), wzrost twardości miękiszu chleba pszenno-owsianego – tab. 5. W przypadku wszystkich chlebów pszenno-owsianych wzrost twardości po trzech dobach był mniejszy (około 2-krotnie – MORD i MOHD oraz 1,5-krotnie – MORZ, MOHZ), w porównaniu z miękiszem chleba pszenno-owsianego (MPD). Chleby sporządzone z użyciem zakwasu żytniego charakteryzowały się istotnie ( $p \leq 0,05$ ) mniejszym wzrostem twardości miękiszu (o około 30 %) niż chleby z użyciem drożdży – tab. 5.

Tabela 5. Twardość miększu badanych chlebów podczas 3-dobowego przechowywania

Table 5. Hardness of crumb of analyzed bread loaves during 3 days of storage

Rodzaj chleba Type of bread	Twardość miększu podczas przechowywania Hardness of crumb during storage [N]				Całkowita zmiana twardości Total change in hardness [%]
	Czas przechowywania [doby] Storage period [days]				
	0	1	2	3	
MORD	13,62 <sup>a</sup> ± 0,52	20,96 <sup>b</sup> ± 2,03	22,38 <sup>c</sup> ± 3,28	24,6 <sup>d</sup> ± 1,10	80,61 <sup>B</sup> ± 0,67
MORZ	13,88 <sup>a</sup> ± 0,88	18,40 <sup>b</sup> ± 0,46	21,40 <sup>c</sup> ± 0,33	23,05 <sup>c</sup> ± 6,21	66,06 <sup>A</sup> ± 0,52
MOHD	12,28 <sup>a</sup> ± 4,28	22,20 <sup>b</sup> ± 2,70	23,22 <sup>b</sup> ± 5,47	25,30 <sup>c</sup> ± 4,50	106,02 <sup>C</sup> ± 0,43
MOHZ	13,55 <sup>a</sup> ± 0,94	18,18 <sup>b</sup> ± 0,69	20,70 <sup>c</sup> ± 0,45	23,90 <sup>c</sup> ± 7,50	76,38 <sup>B</sup> ± 0,09
MPD	4,60 <sup>a</sup> ± 0,19	21,94 <sup>b</sup> ± 0,13	22,80 <sup>c</sup> ± 0,28	26,97 <sup>d</sup> ± 1,10	486,30 <sup>D</sup> ± 0,87

Objaśnienia / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1 / Meaning of the symbols as in Tab. 1.

a - d – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in lines denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

A - D – wartości średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in column denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 4. / Other explanatory notes as in Tab. 4.

W miarę postępującego procesu starzenia się badanych chlebów istotnemu zwiększeniu ulegała także żujność ich miększu – tab. 6. W dniu wypieku oznaczono większą żujność miększu wszystkich chlebów pszenno-owsianych niż miększu chleba pszennego. Nie zaobserwowano natomiast różnic żujności miększu chlebów sporządzonych z udziałem zakwasu lub wyłącznie drożdży. Ta tendencja uległa jednak zmianie już po pierwszej dobie przechowywania – chleby pszenno-owsiane, zarówno z udziałem mąki resztkowej, jak i handlowej, sporządzone z użyciem zakwasu żytniego, odznaczały się mniejszą żujnością miększu niż miększ chlebów pszenno-owsianych z udziałem drożdży oraz chleba pszennego i tendencja ta utrzymywała się przez cały okres przechowywania. Po pierwszej dobie przechowywania nie wykazano istotnych różnic pomiędzy żujnością miększu chlebów pszenno-owsianych wytworzonych z użyciem drożdży a miększem chleba pszennego i również ta tendencja utrzymywała się do końca okresu przechowywania.

Podobnie jak w przypadku twardości, największy wzrost żujności stwierdzono po pierwszej dobie przechowywania, zarówno w chlebie pszennym, jak i w chlebach pszenno-owsianych przygotowanych przy użyciu drożdży (MORD i MOHD) – tab. 6. Chleby pszenno-owsiane (z udziałem mąki owsianej resztkowej i handlowej) sporządzone z użyciem zakwasu żytniego odznaczały się istotnym ( $p \leq 0,05$ ) wzrostem żuj-

ności po pierwszej dobie. Nie uległa ona zmianie od drugiej doby do końca okresu przechowywania – tab. 6.

Miękisz chleba pszennego charakteryzował się największą odbojnością tylko w dniu wypieku (tab. 3). Podczas kolejnych dni przechowywania nie zaobserwowano zmian wartości tego parametru we wszystkich badanych chlebach.

Tabela 6. Żujność miękiszu badanych chlebów podczas 3-dobowego przechowywania

Table 6. Chewiness of analyzed bread during 3 days of storage

Rodzaj chleba Type of bread	Żujność miękiszu podczas przechowywania Chewiness of crumb during storage [N]				Całkowita zmiana żujności Total change in chewiness [%]
	Czas przechowywania [doby] Storage period [days]				
	0	1	2	3	
MORD	6,40 <sup>a</sup> ± 0,90	7,50 <sup>b</sup> ± 0,70	8,05 <sup>b</sup> ± 1,58	8,29 <sup>c</sup> ± 0,52	29,5 <sup>B</sup> ± 0,43
MORZ	6,28 <sup>a</sup> ± 0,16	6,55 <sup>b</sup> ± 1,39	6,80 <sup>c</sup> ± 0,21	6,93 <sup>c</sup> ± 2,05	10,35 <sup>A</sup> ± 0,87
MOHD	6,01 <sup>a</sup> ± 2,06	7,30 <sup>b</sup> ± 0,97	8,20 <sup>b</sup> ± 2,08	8,69 <sup>c</sup> ± 1,54	44,59 <sup>C</sup> ± 0,37
MOHZ	6,60 <sup>a</sup> ± 0,01	6,70 <sup>a</sup> ± 0,31	7,00 <sup>b</sup> ± 0,48	7,20 <sup>b</sup> ± 2,47	9,09 <sup>A</sup> ± 0,08
MPD	3,48 <sup>a</sup> ± 0,18	7,67 <sup>b</sup> ± 0,70	8,18 <sup>c</sup> ± 1,58	8,91 <sup>d</sup> ± 0,52	156,03 <sup>D</sup> ± 0,67

Objaśnienia jak pod tab. 5 / Explanatory notes as in Tab. 5.

Odbojność i spójność miękiszu wszystkich badanych chlebów zmniejszała się sukcesywnie podczas całego okresu przechowywania, lecz od drugiego dnia przechowywania były to zmiany nieistotne statystycznie za wyjątkiem odbojności miękiszu chleba pszennego – tab. 7. i 8. Po trzech dobach przechowywania zaobserwowano ponad 50-procentowe zmniejszenie odbojności miękiszu chlebów pszenno-owsianych, niezależnie od metody prowadzenia ciasta i 75-procentowe zmniejszenie wartości tego parametru w miękiszu chleba pszennego (tab. 7), co świadczy o mniejszej szybkości starzenia się chlebów pszenno-owsianych, niezależnie od zastosowanej metody prowadzenia ciasta.

Zastosowany udział mąki owsianej (resztkowej, jak i handlowej) oraz metoda prowadzenia ciasta nie wpłynęły negatywnie na spójność miękiszu badanych chlebów, zarówno w dniu wypieku (tab. 8), jak i podczas 3-dobowego przechowywania, w odniesieniu do chleba pszennego.

Tabela 7. Odbojność miękiszu badanych chlebów podczas 3-dobowego przechowywania

Table 7. Resilience of crumb of analyzed bread loaves during 3 days of storage

Rodzaj chleba Type of bread	Odbojność miękiszu podczas przechowywania Resilience of crumb during storage [-]				Całkowita zmiana odbojności Total change in resilience [%]
	Czas przechowywania [doby] Storage period [days]				
	0	1	2	3	
MORD	0,25 <sup>c</sup> ± 0,05	0,17 <sup>b</sup> ± 0,01	0,13 <sup>a</sup> ± 0,01	0,12 <sup>a</sup> ± 0,01	52,00 <sup>A</sup> ± 0,23
MORZ	0,26 <sup>c</sup> ± 0,04	0,16 <sup>b</sup> ± 0,01	0,12 <sup>a</sup> ± 0,00	0,12 <sup>a</sup> ± 0,00	53,84 <sup>A</sup> ± 0,05
MOHD	0,27 <sup>c</sup> ± 0,04	0,17 <sup>b</sup> ± 0,01	0,13 <sup>a</sup> ± 0,01	0,12 <sup>a</sup> ± 0,01	55,55 <sup>B</sup> ± 0,34
MOHZ	0,28 <sup>c</sup> ± 0,02	0,15 <sup>b</sup> ± 0,01	0,13 <sup>a</sup> ± 0,01	0,12 <sup>a</sup> ± 0,01	57,14 <sup>B</sup> ± 0,08
MPD	0,48 <sup>c</sup> ± 0,03	0,17 <sup>b</sup> ± 0,01	0,14 <sup>b</sup> ± 0,01	0,12 <sup>a</sup> ± 0,01	75,00 <sup>C</sup> ± 0,54

Objaśnienia / Explanatory notes:

Znaczenie symboli jak w tab. 1 / Meaning of the symbols as in Tab. 1.

a - c – wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in lines denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

A - C – wartości średnie w kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p \leq 0,05$  / mean values in column denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 4. / Other explanatory notes as in Tab. 4.

Tabela 8. Spójność miękiszu badanych chlebów podczas 3-dobowego przechowywania

Table 8. Cohesiveness of crumb of analyzed bread loaves during 3 days of storage

Rodzaj chleba Type of bread	Spójność miękiszu podczas przechowywania Cohesiveness of crumb during storage [-]				Całkowita zmiana spójności Total change in cohesiveness [%]
	Czas przechowywania [doby] Storage period [days]				
	0	1	2	3	
MORD	0,52 <sup>c</sup> ± 0,06	0,44 <sup>b</sup> ± 0,01	0,37 <sup>a</sup> ± 0,02	0,34 <sup>a</sup> ± 0,02	34,61 <sup>A</sup> ± 0,56
MORZ	0,53 <sup>c</sup> ± 0,06	0,41 <sup>b</sup> ± 0,02	0,37 <sup>a</sup> ± 0,02	0,33 <sup>a</sup> ± 0,01	37,73 <sup>B</sup> ± 0,79
MOHD	0,55 <sup>c</sup> ± 0,05	0,43 <sup>b</sup> ± 0,01	0,37 <sup>a</sup> ± 0,02	0,33 <sup>a</sup> ± 0,01	40,00 <sup>C</sup> ± 0,08
MOHZ	0,54 <sup>c</sup> ± 0,01	0,40 <sup>b</sup> ± 0,02	0,37 <sup>a</sup> ± 0,01	0,34 <sup>a</sup> ± 0,02	37,03 <sup>B</sup> ± 0,76
MPD	0,51 <sup>c</sup> ± 0,34	0,44 <sup>b</sup> ± 0,01	0,37 <sup>a</sup> ± 0,02	0,32 <sup>a</sup> ± 0,02	37,25 <sup>B</sup> ± 0,50

Objaśnienia jak pod tab. 7. / Explanatory notes as in Tab. 7.

## Wnioski

1. Chleby z 50-procentowym udziałem mąki owsianej resztkowej przygotowane przy użyciu drożdży zostały wyżej ocenione w ocenie punktowej niż chleby z mąką owsianą handlową.
2. Niezależnie od metody prowadzenia ciasta chleby z 50-procentowym udziałem mąki owsianej resztkowej i handlowej odznaczały się mniejszą objętością i większą twardością miękiszu niż chleb pszenno-owski.
3. Niezależnie od rodzaju użytej mąki owsianej chleby sporządzone przy użyciu zakwasu odznaczały się większą twardością miękiszu w dniu wypieku i mniejszym wzrostem twardości miękiszu podczas przechowywania niż chleby wykonane wyłącznie przy użyciu drożdży.
4. Odbojność i spójność miękiszu badanych chlebów pszenno-owsianych oraz chleba pszenno-owskiego zmniejszała się do drugiego dnia przechowywania.
5. W dniu wypieku żujność miękiszu chlebów pszenno-owsianych była większa niż chleba pszenno-owskiego, jednak tendencja ta uległa zmianie już po pierwszej dobie przechowywania, kiedy nastąpiło wyrównanie wartości tej cechy w ocenianych chlebach.
6. Użycie zakwasu z mąki żytniej spowolniło proces starzenia się chlebów pszenno-owsianych, niezależnie od rodzaju użytej mąki, nie tylko ze względu na parametry tekstury miękiszu, ale również ograniczenie ubytku wody z miękiszem podczas przechowywania.

*Projekt sfinansowano częściowo ze środków Narodowego Centrum Nauki (NN 312331640) oraz z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.*

*Project was supported partly with funds of National Science Centre (NN 312331640) and by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland.*

## Literatura

- [1] AOAC: Official Methods of Analysis, 18<sup>th</sup> ed. Association of Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [2] Baik B.K., Ullrich S.E.: Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest (Review). *J. Cereal Sci.*, 2008, **48**, 233-242.
- [3] Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M.: Ziarno owsa – niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biuletyn IHAR*, 2000, **215**, 223-237.
- [4] Buksa K., Nowotna A., Ziobro R.: Zastosowanie teksturometru do wyznaczania wodochłonności mąki żytniej o zróżnicowanej zawartości popiołu. *Acta Agrophysica*, 2013, **20** (4), 529-541.
- [5] Czubaszek A.: Charakterystyka technologiczna mieszanek mąki pszennej z produktami przemiału owsa. *Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu*, 2008, **564**, Rozprawy CCLIII.

- [6] Diowksz A., Ambroziak W.: Sourdough. In: Bakery Products. Science and Technology. Eds. Y.H. Hui, H. Corke, I. De Leyh, W. Nip, R.B. Swanson. Blackwell Publishing, 2006, pp. 365-380.
- [7] Dziki D., Siastała M., Laskowski J.: Ocena właściwości fizycznych pieczywa handlowego. *Acta Agrophysica* 2011, **18** (2), 235-244.
- [8] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego trwałości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **2** (39), 5-22.
- [9] Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Suortti T., Autio K.: Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT*, 2007, **40**, 860-870.
- [10] Gambuś H.: Wpływ fizykochemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa (badania modelowe). *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 1997. Rozprawy, nr 226.
- [11] Gambuś H., Litwinek D.: Pieczywo – dlaczego warto jeść i jakie wybierać? [online]. Dostęp w Internecie [10.06.2014]: <http://dieta.mp.pl/zasady/74904>, 2013.
- [12] Gambuś H., Zięć G., Gibiński M., Pastuszka D., Nowakowski K.: Wykorzystanie resztkowej mąki owsianej do wypieku chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2011, **566**, 49-60.
- [13] Gellynck X., Kühne B., van Bockstaele F., van de Walle D., Dewettinck K.: Consumer perception of bread quality. *Appetite*, 2009, **53**, 16-23.
- [14] Haber T., Jakubczyk T.: *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW – AR, Warszawa 1983.
- [15] Katina K., Arendt E., Liukkonen K.H., Autio K., Flander L., Poutanen K.: Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends Food Sci. Technol.*, 2005, **16**, 104-112.
- [16] Kawka A.: Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **3** (70), 25-43.
- [17] Kawka A., Górecka D.: Porównanie składu chemicznego pieczywa pszenno-owsianego i pszenno-jęczmiennego z udziałem zakwasów fermentowanych starterem LV2. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **3** (70), 44-55.
- [18] Kim S.K., D'Appolonia B.L.: The role of wheat flour constituents in bread staling. *The Bakers Digest*, 1977, **51**, 38-44.
- [19] Lange E.: Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **3** (70), 7-24.
- [20] Oomah B.D.: Baking and related properties of wheat-oat composite flours. *Cereal Chem.*, 1983, **60**, 220-225.
- [21] PN-A-74108:1996. *Pieczywo. Metody badań*.
- [22] Poutanen K., Flander L., Katina K.: Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, 2009, **26**, 693-699.
- [23] Rosell C.M., Santos E.: Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. *J. Food Eng.*, 2010, **98**, 273-281.
- [24] Różyło R.: Zmiany cech tekstury miększu chleba pszennego pod wpływem dodatku produktów z owsa. *Acta Agrophysica* 2007, **10**, **3**, 667-676.
- [25] Senti F.R., Dimler R.J.: Changes in starch and gluten during ageing of bread. *The Bakers Digest*, 1960, **34**, 28-33.
- [26] Surówka K.: Tekstura żywności i metody jej badania. *Przem. Spoż.*, 2002, **56** (10), 12-17
- [27] Zhou M., Robards K., Glennie-Holmes M., Helliwel S.: Structure and pasting properties of oat starch (review). *Cereal Chemistry*, 1998, **75**, **3**, 273-281.
- [28] Zhou M., Robards K., Glennie – Holmes M.: Effects of oat lipids and groat meal casting properties. *J. Sci. Food Agric.*, 1999, **79**, 585-592.
- [29] Zięć G., Gambuś H., Gumul D., Kowalski S., Łukasiewicz M.: Pasting properties and chemical composition of the new oat flour, obtained in the  $\beta$ -D-glucans concentrate production. *Proc. 37<sup>th</sup> Int. Conf. of Slovak Society of Chemical Engineering*, 2010, 1526-1526.
- [30] Zięć G., Gambuś H., Litwinek D., Nowotna A., Mikulec A.: Ocena właściwości fizycznych pieczywa ze zróżnicowanym udziałem mąki owsianej, wypieczonego z ciasta prowadzonego bez udziału i z udziałem zakwasu żytniego. *Acta Agrophysica*, 2013, **20** (4), 721-734.

- [31] Ziobro R., Berski W., Witczak M., Nowotna A., Gambuś H.: Retrogradacja skrobi pochodzącej z mąki owsianej resztkowej i handlowej. Mat. XLI Sesji Naukowej KNoŻ PAN nt. „Innowacyjność w nauce o żywności i żywieniu”, Kraków, 2 - 3 lipca 2013.

## TEXTURAL PROPERTIES OF CRUMB OF WHEAT AND OATS FLOUR BREAD

### S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the changes in some selected textural properties of crumb of wheat and oats flour bread with 50 % of residual oats flour therein and made using a fermentation method, either with yeast and without rye flour sourdough (MORD), or with rye sourdough (MORZ). That bread was compared with the bread containing 50% of commercial oats flour and made using the two above methods (MOHD and MOHZ); it was also compared with the wheat flour bread baked only with yeast (MPD). The addition of 50 % of the residual or commercial oats flour caused the yield of that bread to increase ca. 6 %, and its volume to decrease (ca. 360 cm<sup>3</sup>) compared to the wheat flour bread. Regardless of the method of making the dough, the organoleptic properties of the bread baked using the residual oats flour were better assessed than those of the bread made using the commercial oats flour. It was found that the resilience and springiness of bread crumb of all the bread loaves studied decreased gradually during the whole period of storage. All the tested wheat and oats flour bread loaves were characterized by a greater hardness (about 8 N) and chewiness (about 3,5 N) on the day of baking them compared to the wheat flour bread. It was confirmed that the use of sourdough had a positive effect on the hardening process of crumb of the bread loaves analyzed as it caused the intensity of that process to decrease. The sourdough used also impacted the final result after 3 days of storage: the wheat and oats flour bread loaves without the rye sourdough added showed a significantly higher crumb hardness already after the first day of storage.

**Key words:** residual oats flour, wheat and oats flour bread loaves, textural parameters of crumb, properties ☒