

## OCENA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH PIECZYWA HANDLOWEGO

*Dariusz Dziki<sup>1</sup>, Monika Siastala<sup>1</sup>, Janusz Laskowski<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Techniki Ciepłej, Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin  
e-mail: [dariusz.dziki@up.lublin.pl](mailto:dariusz.dziki@up.lublin.pl)

<sup>2</sup>Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Doświadczalna 44, 20-280

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie właściwości fizycznych handlowego pieczywa pszennego, mieszanego i żytniego. Określono wilgotność, masę, objętość, gęstość chleba oraz cechy mechaniczne miększu pieczywa według metody TPA (Texture Profile Analysis). Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że objętość pieczywa w przeliczeniu na 100 g próbkę chleba, kształtowała się od 183 cm<sup>3</sup> dla pieczywa żytniego do 631 cm<sup>3</sup> w przypadku chleba pszenego. Najniższą gęstością odznaczało się pieczywo pszenne – średnio 186 kg·m<sup>-3</sup> zaś najwyższą wartość tego parametru uzyskano dla chleba żytniego – średnio 572 kg·m<sup>-3</sup>. Najniższą twardością, gumowatością i żuwalnością miększu charakteryzowało się pieczywo pszenne. Najwyższe wartości tych parametrów otrzymano dla wyrobów żytnich. Wykazano ponadto, że różnice we właściwościach mechanicznych poszczególnych rodzajów pieczywa wynikają w głównej mierze ze zmiennej gęstości miększu.

Słowa kluczowe: pieczywo, właściwości fizyczne, tekstura

### WSTĘP

Pieczywo stanowi podstawę codziennej diety człowieka. Dostarcza nie tylko odpowiednią ilość energii, ale jest także źródłem wielu składników odżywczych, a przede wszystkim białka, związków mineralnych, witamin z grupy B, witaminy E, błonnika pokarmowego oraz wielu substancji biologicznie aktywnych ważnych dla zdrowia (Diowksz 2008, Fularczuk i Żmijewski 2009). Oferta wyrobów piekarniczych jest obecnie bardzo urozmaicona, co związane jest ze stosowaniem nowych rozwiązań w zakresie technologii, receptur oraz wykorzystaniem substancji dodatkowych (Jędrzejczyk i Hoffmann 2008).

Bardzo istotna pozostaje jakość produkowanego pieczywa, która uzależniona jest od wielu czynników tj. właściwości mąki, rodzaju stosowanych dodatków, które oddziałują na jego właściwości fizyczne. Dla konsumentów jednym z kluczowych atrybutów pieczywa jest jego smak, który ma zasadnicze znaczenie dla akceptacji i rozpoznawalności produktu. Na ogólne postrzeganie pieczywa znacznie wpływa także jego świeżość, kolor, tekstura, a w szczególności miękkość, która jest charakterystyką świeżego chleba, zmniejszającą się w czasie przechowywania (Gellynck i in. 2009). Badania pokazują, iż różnice powstające w teksturze chleba w czasie czerstwienia są powiązane ze zmianami takich komponentów jak skrobia, białko, lipidy czy woda (D'Appolonia i Morad 1981). W pieczywie żytnim i mieszanym przemiany te zachodzą wolniej niż w chlebie pszennym.

W ocenie jakościowej pieczywa istotną rolę odgrywają właściwości fizyczne, a w szczególności parametry wyznaczone na podstawie instrumentalnych metod pomiaru cech mechanicznych pieczywa, będących wyróżnikami tekstury. Metody te mogą być zarówno wykorzystywane do określania cech jakościowych różnych rodzajów pieczywa (Škrbič i Filipčev 2008, Rosell i Santos 2010), wyznaczania zmian właściwości pieczywa podczas przechowywania (Ślarska-Grzywna 2001, 2002) oraz określania wpływu różnych dodatków na zmiany cech tekstury (Dziki i Siastała 2010, Dziki i Różyło 2009, Różyło 2007). Praktyczną metodą, znajdującą zastosowanie w badaniu czerstwienia pieczywa, jest ocena twardości miększu (Ceglińska i in. 2003).

W dotychczasowych opracowaniach niewiele jest prac dotyczących charakterystyki porównawczej różnych rodzajów pieczywa handlowego. Dlatego też celem niniejszej pracy była ocena porównawcza wybranych właściwości fizycznych pieczywa pszenne, żytnie i mieszane.

#### METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło pieczywo pszenne, żytnie i mieszane (z przewagą mąki pszennej) zakupione w lubelskich supermarketach (tab. 1). Przed zakupem sprawdzano organoleptycznie prawidłowość wyglądu pieczywa oraz obecność zewnętrznych wad, jak pęknięcia czy uszkodzenia mechaniczne. Wyroby poddano badaniom bezpośrednio po zakupie (6-8 h od momentu zakończenia wypieku). Określono podstawowe właściwości pieczywa tj. wilgotność (metodą suszarkową) masę, objętość oraz gęstość miększu (Jakubczyk i Haber 1983). Badanie cech mechanicznych miększu pieczywa, będących wyznacznikiem jego tekstury, przeprowadzono według metody TPA (Texture Profile Analysis) przy wykorzystaniu maszyny wytrzymałościowej ZWICK Z020/TN2S. Test polegał na dwukrotnym ściśnięciu próby w środkowej części kromki trzpieniem o średnicy 30 mm z prędkością 60 mm·min<sup>-1</sup>. Pomiaru wykonano dla każdej próby w dzie-

sięciu powtórzeniach. W czasie badań otrzymano wykresy w układzie siła-przemieszczenie trzpienia, na podstawie których określono następujące parametry: twardość jako wielkość siły odpowiadającej wysokości pierwszego z pików (N), elastyczność jako iloraz szerokości drugiego piku (mm) do szerokości pierwszego piku wyrażony w procentach, spoistość jako iloraz pola powierzchni A2/A1, (gdzie A1 i A2 są to pola powierzchni odpowiednio pod pierwszym i drugim pikiem), gumowatość jako iloraz twardości i spoistości (N) oraz żuwalność jako iloczyn gumowatości i elastyczności (N·mm) wyrażonej jako szerokość drugiego piku. Szczegółowy sposób wyznaczania tych parametrów został przedstawiony w opracowaniu Steffe (1996) oraz Wang i in. (2002).

**Tabela 1.** Rodzaj pieczywa zakupionego do badań  
**Table 1.** Kind of bread bought for investigation

Próba Sample	Rodzaj pieczywa Kind of bread	Masa pieczywa Mass of bread (g)	Kod producenta Producer code
I			A
II	Bułka pszenna	300	B
III	Wheat Roll		C
IV		350	D
V			E
VI	Chleb mieszany	600	F
VII	Mixed bread		G
VIII			H
IX	Chleb żytni	500	I
X	Rye bread		J

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej, przy wykorzystaniu programu Statistica 6.0 firmy Statsoft. Wyznaczono wartości średnie określanych parametrów, współczynniki korelacji liniowej Parsona oraz przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji. Analizę istotności różnic przeprowadzono stosując test Tukey'a. Obliczenia wykonano przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Na podstawie uzyskanych wyników badań właściwości fizycznych pieczywa (tab. 2) stwierdzono, że wilgotność miękiszu zawierała się od 40,3% do 53,0%. Największą wilgotnością charakteryzował się miękisz pieczywa żytniego (próby VIII-X) - średnio 51,4%. Wilgotność pieczywa pszenego była najniższa (próby I-III) i średnio wyniosła 41,4%, natomiast wilgotność miękiszu mieszanego kształtowała się średnio na poziomie 45,8%. Wilgotność pieczywa zależy od szeregu czynników związanych zarówno z recepturą ciasta, jak i parametrami wy-

pieku oraz czasem przechowywania. Od udziału wody w recepturze pieczywa zależą między innymi cechy tekstury miękiszu (Różyło i in. 2009). Gil i in. (1997) wykazali, że większy dodatek wody do pieczywa powodował spadek siły niezbędnej do deformacji miękiszu pieczywa.

**Tabela 2.** Podstawowe właściwości fizyczne pieczywa  
**Table 2.** Basic physical properties of bread

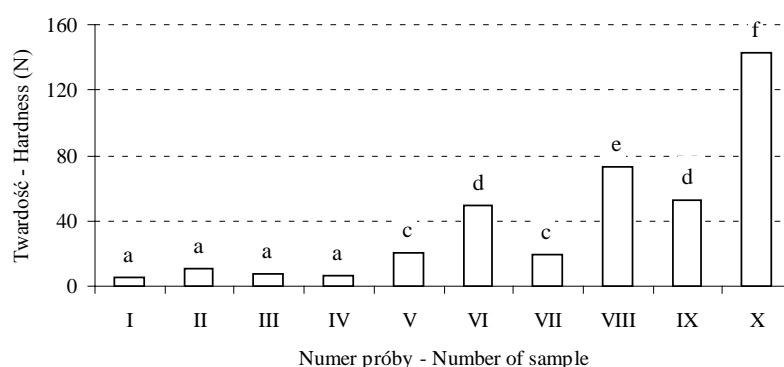
Nr próby No. of sample	Rodzaj pieczywa Kind of bread	Wilgotność Moisture (%)	Objętość Volume (cm <sup>3</sup> ·(100g) <sup>-1</sup> )	Gęstość Density (kg·m <sup>-3</sup> )
I	Pszenne Wheat	40,5 <sup>a*</sup>	493,3 <sup>a</sup>	203 <sup>a</sup>
II		43,5 <sup>b</sup>	533,0 <sup>b</sup>	186 <sup>ab</sup>
III		41,3 <sup>c</sup>	430,0 <sup>c</sup>	233 <sup>c</sup>
IV		40,3 <sup>a</sup>	631,0 <sup>d</sup>	158 <sup>b</sup>
V	Mieszane Mixed	47,5 <sup>d</sup>	342,4 <sup>e</sup>	292 <sup>d</sup>
VI		45,2 <sup>e</sup>	307,1 <sup>f</sup>	326 <sup>e</sup>
VII		44,5 <sup>f</sup>	354,6 <sup>e</sup>	282 <sup>d</sup>
VIII	Żytnie Rye	53,0 <sup>g</sup>	206,1 <sup>g</sup>	485 <sup>f</sup>
IX		52,6 <sup>h</sup>	260,4 <sup>h</sup>	384 <sup>g</sup>
X		48,7 <sup>i</sup>	183,3 <sup>i</sup>	545 <sup>h</sup>

\*Wartości średnie oznaczone w poszczególnych kolumnach tabeli różnymi literami są istotnie różne ( $\alpha = 0,05$ ) – Values designated by different letters in the columns of the table are significantly different ( $\alpha = 0,05$ ).

Objętość pieczywa jest jednym z podstawowych wyróżników uwzględnianych przy ocenie jakościowej pieczywa. Parametr ten, w przeliczeniu na 100 g próbkę chleba, kształtował się od 183 cm<sup>3</sup> dla pieczywa żytniego (próba X) do 631 cm<sup>3</sup> w przypadku pieczywa pszennego (próba IV). Najniższą gęstością odznaczało się pieczywo pszenne (próby I-IV) – średnio 186 kg·m<sup>-3</sup> zaś najwyższą wartość tego parametru uzyskano dla chleba żytniego (próby VIII-X) – średnio 545 kg·m<sup>-3</sup>. Stwierdzono istotną ( $\alpha = 0,05$ ) i dodatnią zależność liniową między gęstością a wilgotnością miękiszu pieczywa ( $r = 0,83$ ).

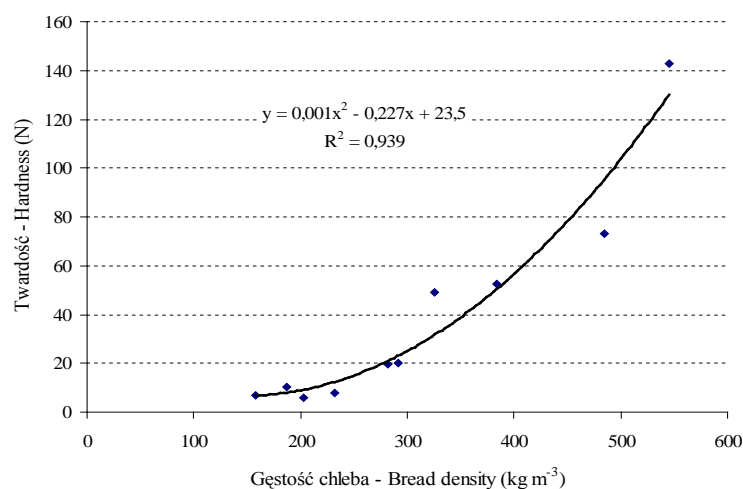
Twardość miękiszu pieczywa jest jednym z najczęściej określanych parametrów charakteryzujących teksturę chleba. Zaznaczyć należy, że dla większości surowców i produktów spożywczych twardość wyrażana jest pośrednio, a metody wyznaczania tego parametru znacznie odbiegają od klasycznych testów wykorzystywanych powszechnie dla materiałów konstrukcyjnych (Ceglińska i in. 2007, Frączek i in. 2003, Mazur 2009). Analizując twardość miękiszu pieczywa (rys. 1) wyrażoną jako siła maksymalna uzyskana podczas pierwszego zginięcia mięki-

szu stwierdzono, że pieczywo pszenne charakteryzowało się najmniejszymi wartościami tego parametru (średnio 7,8 N). Wyższe wartości twardości miększu uzyskano dla pieczywa mieszanego i żytniego, przy czym twardość miększu próby X (chleb żytni) była aż ponad 24 razy większa niż średnia wartość tego wskaźnika uzyskana dla pieczywa pszennego. Wynika to w głównej mierze z większej gęstości miększu chleba żytniego w porównaniu z pieczywem pszennym. Potwierdza to zależność przedstawiona na rysunku 2, z której można zaobserwować, że wraz ze wzrostem gęstości pieczywa zwiększa się nieliniowo twardość miększu.



**Rys. 1.** Twardość miększu pieczywa; I-IV – pieczywo pszenne, IV-VII – pieczywo mieszane, VIII-IX – pieczywo żytnie; wartości oznaczone tymi samymi literami są statystycznie istotnie różne ( $\alpha = 0,05$ )

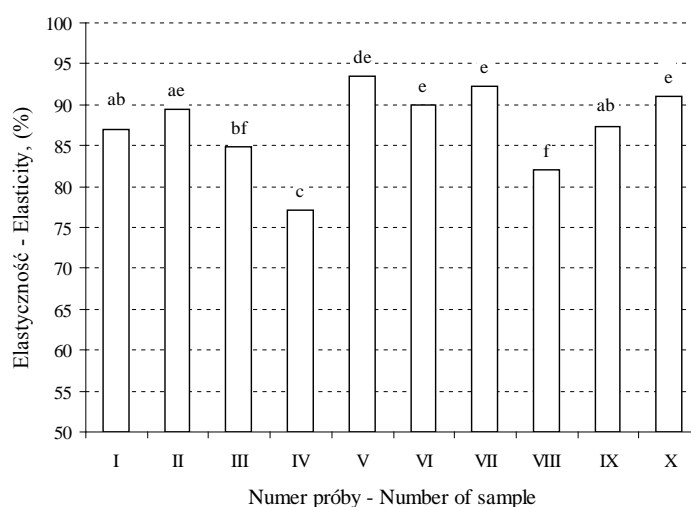
**Fig. 1.** Hardness of bread crumb; I-IV – wheat bread, IV-VII – mixed bread, VIII-IX – rye bread; values designated by different letters are significantly different ( $\alpha = 0.05$ )



**Rys. 2.** Zależność między gęstością a twardością miększu pieczywa

**Fig. 2.** Relationship between bread density and crumb hardness

Wyniki badań elastyczności miększu pieczywa przedstawiono na rysunku 3. Parametr ten zawierał się w przedziale od 77% (próba IV – pieczywo pszenne) do 94% (pieczywo mieszane – próba V). Dla większości badanych rodzajów pieczywa elastyczność miększu było porównywalna i kształtowała się średnio na poziomie 90%. Nie stwierdzono istotnej zależności między gęstością miększu pieczywa a tym parametrem.



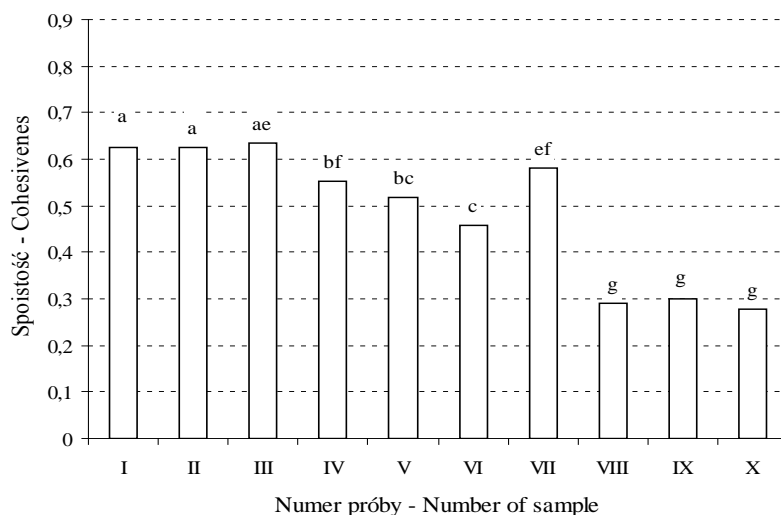
**Rys. 3.** Elastyczność miększu pieczywa; I-IV – pieczywo pszenne, IV-VII – pieczywo mieszane, VIII-IX – pieczywo żytnie; wartości oznaczone tymi samymi literami są statystycznie istotnie różne ( $\alpha = 0,05$ ).

**Fig. 3.** Elasticity of bread crumb; I-IV – wheat bread, IV-VII – mixed bread, VIII-IX – rye bread; values designated by different letters are significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

Spoistość pieczywa była znacznie bardziej zróżnicowana niż elastyczność (rys. 4). Najwyższe wartości tego parametru uzyskiwano w przypadku pieczywa pszennego (średnio 0,61). Spoistość miększu chleba mieszanego kształtowała się na pośrednim poziomie (0,52). Natomiast w przypadku chleba żytniego uzyskano najniższe wartości tego parametru (średnio 0,29). Stwierdzono istotną statystycznie i ujemną zależność liniową między gęstością a spoistością miększu pieczywa ( $r = -0,91$ ). Można na tej podstawie stwierdzić, że w przypadku wyrobów o większej gęstości pierwsze zgniatanie powoduje znacznie większe zniszczenie struktury miększu niż w przypadku chleba pszennego i mieszanego.

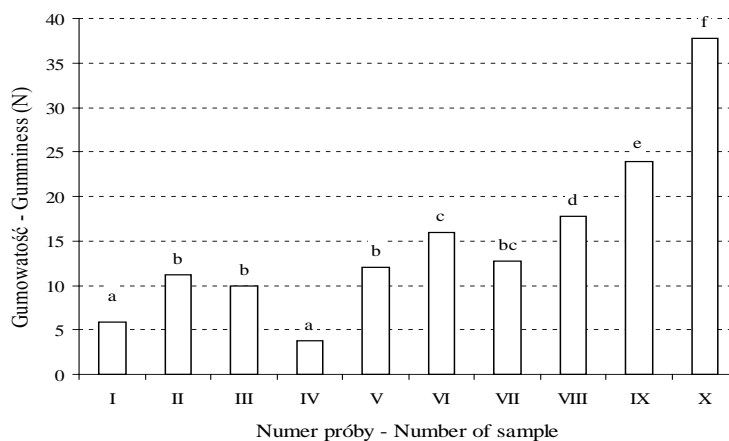
Analizując gumowatość miększu (rys. 5) stwierdzono, że parametr ten osiągał najniższe wartości w przypadku pieczywa pszennego (próby I i IV – średnio 4,8 N). Najwyższą gumowatością i istotnie różną od wartości tego parametru dla prób pozostałych uzyskano w przypadku chleba żytniego (próby VIII-X – średnio 27 N), przy czym wartości otrzymane dla próby X były zdecydowanie wyższe od

pozostałych (średnio 38 N). Gumowatość wyraża pośrednio energię potrzebną do rozdrobnienia produktu. Cecha tak w przypadku badanych rodzajów pieczywa była istotnie i dodatnio skorelowana z gęstością miękiszu ( $r = 0,91$ ).



**Rys. 4.** Spoistość miękiszu pieczywa; I-IV – pieczywo pszenne, IV-VII – pieczywo mieszane, VIII-IX – pieczywo żytnie; wartości oznaczone tymi samymi literami są statystycznie istotnie różne ( $\alpha = 0,05$ ).

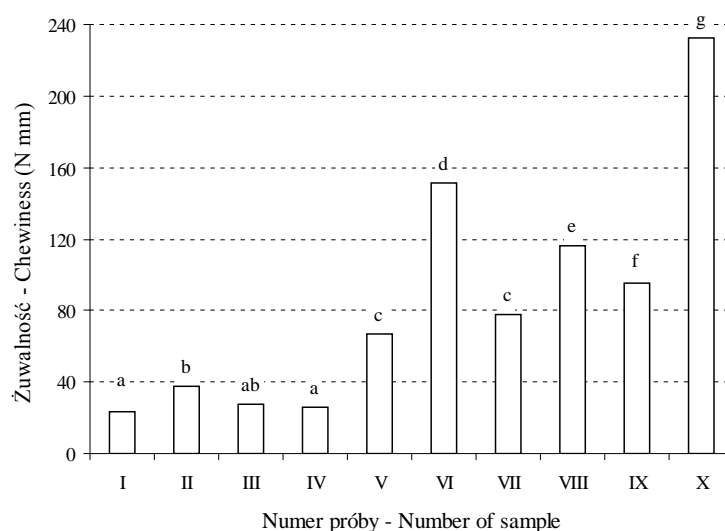
**Fig. 4.** Cohesiveness of bread crumb; I-IV – wheat bread, IV-VII – mixed bread, VIII-IX – rye bread; values designated by different letters are significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).



**Rys. 5.** Gumowatość miękiszu pieczywa; I-IV – pieczywo pszenne, IV-VII – pieczywo mieszane, VIII-IX – pieczywo żytnie; wartości oznaczone tymi samymi literami są statystycznie istotnie różne ( $\alpha = 0,05$ ).

**Fig. 5.** Gumminess of bread crumb; I-IV – wheat bread, IV-VII – mixed bread, VIII-IX – rye bread; values designated by different letters are significantly different ( $\alpha = 0.05$ ).

Wyniki pomiaru żuwalności miększu pieczywa zaprezentowano na rysunku 6. Najniższą żuwalnością, podobnie jak w przypadku gumowatości, charakteryzowały się próby I i IV pieczywa pszennego i kształtowała się ona średnio na poziomie 25 N·m. Wartości tego parametru w przypadku chleba mieszanego i żytniego były istotnie wyższe niż wyrobów pszennych. Natomiast najwyższą wartość tego parametru stwierdzono w przypadku miększu próby X – średnio 240 N·mm. Żuwalność wyraża pośrednio energię potrzebną do rozdrobnienia (żucia) produktu (Breene 1975). Podobnie jak twardość i gumowatość miększu, cecha ta było istotnie skorelowana z gęstością miększu pieczywa ( $r = 0,88$ ).



**Rys. 6.** Żuwalność miększu pieczywa; I-IV – pieczywo pszenne, IV-VII – pieczywo mieszane, VIII-IX – pieczywo żytnie; wartości oznaczone tymi samymi literami są statystycznie istotnie różne ( $\alpha = 0,05$ )

**Fig. 6.** Chewiness of bread crumb; I-IV – wheat bread, IV-VII – mixed bread, VIII-IX – rye bread; values designated by different letters are significantly different ( $\alpha = 0.05$ )

Podsumowując należy stwierdzić, że analizowane rodzaj pieczywa (pszenne, mieszane i żytnie) różniły się istotnie określonymi właściwościami fizycznymi, przy czym największe różnice wystąpiły między pieczywem pszennym i żytnim.

#### WNIOSKI

1. Objętość pieczywa w przeliczeniu na 100 g chleba zawierała się od 183 cm<sup>3</sup> dla chleba żytniego do 631 cm<sup>3</sup> w odniesieniu do pieczywa pszennego.

2. Najniższą gęstością odznaczało się pieczywo pszenne (próby I-IV) – średnio 186 kg·m<sup>-3</sup> zaś najwyższą wartość tego parametru uzyskano dla chleba



żytniego. Stwierdzono istotną i dodatnią zależność liniową między gęstością a wilgotnością miększu pieczywa ( $r = 0,83$ ).

3. Największą zmiennością wśród ocenianych właściwości mechanicznych pieczywa charakteryzowała się twardość miększu. Parametr ten średnio zawierał się od 6 N (próba I pieczywa pszennego) do 143 N (próba X pieczywa żytniego).

4. Najwyższe wartości spoistości miększu uzyskiwano w przypadku pieczywa pszennego oraz mieszanego i kształtowały się one odpowiednio na poziomie 0,61 i 0,52. Natomiast w przypadku chleba żytniego uzyskano niższe i istotnie różne od pozostałych prób wartości tego parametru (średnio 0,29).

5. Gumowatość i zuwalność miększu były istotnie zróżnicowane w zależności od rodzaju badanego pieczywa. Najmniejsze wartości tych parametrów uzyskano dla pieczywa pszennego, zaś największe w przypadku chleba żytniego.

6. Zmiany we właściwościach mechanicznych miększu wynikały głównie z różnic w gęstości pieczywa. Stwierdzono istotne i dodatnie zależności liniowe między tym parametrem a twardością, spoistością, gumowatością i zuwalnością miększu. Współczynniki korelacji odpowiednio wyniosły: 0,94; -0,91; 0,91; 0,88.

#### PIŚMIENNICTWO

- Breene W.M., 1975. Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. *J. Texture Stud.*, 6, 53-82.
- Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Haber T., 2003. Porównanie jakości pieczywa pszenżytniego, pszennego i żytniego. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 11, 4-6.
- Ceglińska A., Pluta A., Skrzypek J., Krawczyk P., 2007. Badania nad zastosowaniem do produkcji pieczywa składników mineralnych otrzymanych po nanofiltracji serwatki. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 6 (55), 234- 241.
- D'Appolonia B.L., Morad M.M., 1981. Bread staling. *Cereal Chem.* 27, 15-21.
- Diowski A., 2008. Atrybuty zdrowotne pieczywa pełnoziarnistego. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 2008, 11, 20-24.
- Dziki D., Różyło R., Laskowski J., 2009. Wpływ dodatku maki ryżowej na zmiany tekstury miększu pieczywa pszennego. *Acta Agrophysica*, 13(2), 329-340.
- Dziki D., Siastała M., 2010. Zmiany właściwości fizycznych pieczywa pszennego pod wpływem dodatku mąki sojowej. *Acta Agrophysica*, 15(1), 91-100.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M., 2003. Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. *Acta Agrophysica* 92, 49-51.
- Fujarczuk M., Żmijewski M., 2009. Jakość pieczywa pszennego w zależności od dodatku otrąb pochodzących z różnych odmian gryki. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 6(67), 91-101.
- Gellynck X., Kühne B, Van Bockstaele F., Van de Walle D., Dewettinck K. 2009. Consumer perception of bread quality. *Appetite* 53,16-23.
- Gil M. J., Callejo M. J., Rodriguez G., 1997. Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 205, 268-273.
- Jakubczyk T., Haber T., 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wydawnictwo SGGW-AR, 268-267.

- Jędrzejczyk H., Hoffmann M., 2008. Tendencje w produkcji wyrobów piekarniczych o podwyższonej wartości odżywczej. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 48-47.
- Mazur J., 2009. Zmiany tekstury w trakcie przechowywania w różnych warunkach serów twarogowych kwasowych otrzymanych metodą tradycyjną. *Inż. Roln.*, 2(111), 99-106.
- Mielcarz M., 2004. Wzbogacenie wartości żywieniowej pieczywa. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 2, 14-17.
- Rosell C.M., Santos E., 2010. Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. *J. of Food Eng.*, 98, 273-281.
- Różyło R., 2007. Zmiany cech teksturalnych miększu chleba pszennego pod wpływem dodatku produktów z owsa. *Acta Agrophysica*, 10(3), 667-676.
- Różyło R., Dzik D., Laskowski J., 2009. Ocena cech tekstury chleba wykonanego z różnym udziałem wody. *Acta Agrophysica*, 13(3), 761-769.
- Škrbić B., Filipčev B., 2008. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. *Food Chem.*, 108, 119-129.
- Steffe J.F., 1996. *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press USA, 71-75.
- Ślaska-Grzywna B., Górna M., 2001. Badanie zmian parametrów tekstury chleba razowego w czasie przechowywania. *Inż. Roln.*, 13, 481-487.
- Ślaska-Grzywna B., Górna M., 2002. Zmiany właściwości teksturalnych pieczywa mieszanego w różnych warunkach przechowywanego. *Inż. Roln.* 4, 335-336.
- Wang J., Rosell C.M., Benedito de Barber C., 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79, 222-226.

## EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF COMMERCIAL BREAD

*Dariusz Dzik<sup>1</sup>, Monika Siastala<sup>1</sup>, Janusz Laskowski<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Department of Thermal Technology, University of Life Sciences  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin  
e-mail: [dariusz.dziki@up.lublin.pl](mailto:dariusz.dziki@up.lublin.pl)

<sup>2</sup>Department of Equipment Operation and Maintenance in the Food Industry  
University of Life Sciences  
ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin

**Abstract.** The aim of the present work was to evaluate the physical properties of wheat, mixed and rye bread. The bread moisture, volume and density were determined. For the evaluation of the mechanical properties of bread crumb the TPA test was used. The results showed that bread volume (100 g of bread) ranged from 183 cm<sup>3</sup> for rye bread to 631 cm<sup>3</sup> for wheat bread; apart from this the wheat bread was characterised by the lowest density (average 186 kg m<sup>-3</sup>). The highest values of this parameter were observed for rye bread (average 572 kg m<sup>-3</sup>). The lowest values of crumb hardness, gumminess and chewiness were obtained for the wheat products. The highest values of these parameters were noted for rye bread. It was found that differences in the physical properties of bread resulted mainly from changeable crumb density.

**Key words:** bread, physical properties, texture