

## WPŁYW DODATKU BŁONNIKA NA ZMIANĘ WILGOTNOŚCI I TEKSTURY PIECZYWA PSZENNEGO W CZASIE PRZECHOWYWANIA

*Katarzyna Sujka, Alicja Ceglińska, Daria Romankiewicz, Ewa Kacprzyk*

Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa  
e-mail: katarzyna\_sujka@sggw.pl

**Streszczenie.** Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku błonnika jabłkowego, grochowego, owsianego oraz psyllium na teksturę i wilgotność pieczywa pszennego w czasie przechowywania. Przygotowano ciasto z 2, 4, i 6% dodatkiem błonnika. W uzyskanym pieczywie oznaczono zawartość białka, kwasowość, zmierzono objętość i porowatość oraz obliczono upiek. Oznaczono wilgotność skórki i miękiszu oraz przeprowadzono analizę tekstury po 24, 48 i 72 godzinach od wypieku. Wykazano istotny wpływ dodatku błonnika na kwasowość i objętość uzyskanego pieczywa pszennego. Pieczywo z dodatkiem błonnika charakteryzowało się niższą porowatością w porównaniu do próby kontrolnej. Zaobserwowano wyższą wilgotność skórki i miękiszu w przypadku pieczywa z dodatkiem błonnika. Wraz z czasem przechowywania wilgotność skórki i miękiszu ulegała obniżeniu. Pieczywo wzbogacone w błonnik charakteryzowało się niższą spoistością oraz wyższą twardością, gumowatością i żuwalnością. Nie zaobserwowano natomiast istotnego wpływu dodatku błonnika na zmianę sprężystości miękiszu. Wraz z czasem przechowywania istotnie wzrastała twardość miękiszu, natomiast pozostałe parametry tekstury ulegały obniżeniu.

**Słowa kluczowe:** pieczywo pszenne, błonnik, tekstura, wilgotność

### WSTĘP

Pieczywo stanowi jeden z podstawowych produktów w diecie człowieka. Średnie spożycie pieczywa w Polsce wynosi ok. 43 kg rocznie na osobę. Niemniej w ostatnich latach można zaobserwować spadek zainteresowania konsumentów tym produktem. W 2016 roku spożycie pieczywa zmniejszyło się o 5,9% w porównaniu z rokiem 2015. O wyborze produktu decydują przede wszystkim smak, wygląd zewnętrzny oraz cena (Siwak 2017, [www.portalspozywczy.pl](http://www.portalspozywczy.pl)). Jednocześnie rośnie zainteresowanie żywnością mniej przetworzoną o właściwościach prozdrowotnych. W produkcji żywności funkcjonalnej nośnikami produktów bioaktywnych są najczęściej produkty często

kupowane i spożywane, takie jak przetwory mleczne czy produkty zbożowe (Taylor i in. 2008, Lange 2010). W USA w segmencie żywności funkcjonalnej produkty zbożowe stanowią 41%. W Europie wśród żywności funkcjonalnej około 50% stanowią przetwory mleczne, natomiast prawie 30% produkty zbożowe. W Polsce najbardziej popularnymi produktami funkcjonalnymi są: napoje energetyzujące i izotoniczne, soki, płatki śniadaniowe oraz jogurty probiotyczne. Błonnik należy do składników bioaktywnych decydujących o właściwościach prozdrowotnych żywności funkcjonalnej (Hepburn i in. 2008, Andrzejewska 2009, Lange 2010). Dodatek tego składnika do pieczywa może stanowić jeden z czynników wpływających na jego wybór przez konsumenta (Baixauli i in. 2008). Ponadto błonnik może pozytywnie wpływać na teksturę pieczywa i opóźnić proces czerstwienia (Thebaudin i in. 1997, Lebesi i Tzia 2009).

Celem pracy było określenie wpływu dodatku błonnika różnego pochodzenia na teksturę i wilgotność uzyskanego pieczywa pszennego w czasie jego przechowywania.

#### MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy stanowiło pieczywo z dodatkiem czterech rodzajów błonnika przygotowane z mąki handlowej pszennej typ 550 (producent Młyny Polskie S.A.). Błonnik dodawano w ilości 2, 4 i 6%. Recepturę poszczególnych ciast przedstawiono w tabeli 1. Pieczywo otrzymano z ciast o konsystencji 350 jB. W badaniach wykorzystano 4 rodzaje błonnika Vitacel® firmy Rettenmaier Polska Sp. z o.o.: jabłkowy, grochowy, owsiany oraz psyllium.

Określono cechy fizykochemiczne mąki takie jak: wilgotność (PN-A-74010:1991), kwasowość (Jakubczyk i Haber 1983), zawartość białka metodą Kjeldahla (PN-75/A-04018:1975), ilość i jakość glutenu w urządzeniu Glutomatic 2200 firmy Perten Instruments (PN-A-74042-3/A1:1996) oraz wodochłonność w farinografie Brabendera (PN-ISO 5530-1:1999) i właściwości alweograficzne (sprężystość, rozciągliwość, stosunek sprężystości do rozciągliwości, oraz pracę potrzebną do odkształcenia 1 g ciasta) przy użyciu alweografu NG Chopin Alveograph (PN-EN ISO 27971:2009).

Wytwarzanie pieczywa pszennego prowadzono metodą bezpośrednią, fermentację w komorze (producent Sveba Dahlin Sristad Sweden) o wilgotności względnej 80%, natomiast wypiek w elektrycznym piecu modułowym (producent Sveba Dahlin Sristad Sweden). Po 24 h od wypieku w uzyskanym pieczywie obliczono upiek, zmierzono objętość, porowatość, kwasowość (Jakubczyk i Haber 1983) oraz oznaczono zawartość białka (PN-75/A-04018:1975). Natomiast po 24, 48 i 72 h oznaczono wilgotność skórki i miękkiszu (PN-A-74108:1996). Próbkę były przechowywano w temperaturze 20°C w opakowaniu z folii polipropylenowej.

**Tabela 1.** Receptury otrzymanych ciast  
**Table 1.** Recipes of doughs

Próba	Mąka Flour (g)	Błonnik Dietary fiber (g)	Drożdże Yeast (g)	Sól Salt (g)	Woda / Water (cm <sup>3</sup> )			
kontrolna Control	1150	0	9,7	17,3				682
					Błonnik jabłkowy Apple fiber	Błonnik grochowy Pea fiber	Błonnik owsiany Oat fiber	Błonnik psyllium Psyllium fiber
2% dodatek 2% addition	1127	23	9,7	17,3	716	730	676	787
4% dodatek 4% addition	1104	46	9,7	17,3	741	764	684	902
6% dodatek 6% addition	1081	69	9,7	17,3	753	796	691	1050

Przeprowadzono ocenę tekstury pieczywa po 24, 48 i 72 h od wypieku metodą TPA (ang. Texture Profile Analysis), wykorzystując analizator tekstury TA.xT2i sterowany za pomocą programu Texture Expert Exceed v. 1.00. Metoda polega na dwukrotnym ścisaniu środkowej części miększu o grubości 30 mm za pomocą trzpienia o średnicy 25 mm z prędkością  $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , na głębokość 15 mm (Instrukcja obsługi 1997). Z uzyskanych wykresów wyznaczono następujące parametry: twardość, sprężystość, spoistość, gumowatość oraz zuwalność (Armero i Collar 1997).

Wykonano jednoczynnikową analizę wariancji, przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Grupy homogenne określono testem Tukeya. Obliczono współczynniki korelacji Pearsona dla parametrów tekstury (poziom istotności  $\alpha = 0,05$ ). Statystyczną analizę wyników przeprowadzono w programie Statistica 10.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Mąka wykorzystana w badaniach charakteryzowała się zawartością glutenu mokrego na poziomie 25,9%, a jego jakość określona przez indeks glutenowy wyniosł 96 (tab. 2). Zgodnie z normą PN-A-74022:2003 ilość glutenu mokrego nie powinna być niższa niż 25%. Parametr ten decyduje o wartości wypiekowej i użytkowej mąki. Gluten w czasie otrzymywania ciasta tworzy elastyczną trójwymiarową siatkę, posiadającą zdolność zatrzymywania gazów (Dojczew 2006). Indeks glutenu obrazuje właściwości reologiczne ciasta, które decydują o właściwościach fizycznych ciasta jak np. zdolność do wytwarzania i zatrzymywania CO<sub>2</sub>. Wartości powyżej 80 świadczą o „mocnej” mące (Wesołowska-Trojanowska i in. 2014). Pozostałe parametry wilgotność, kwasowość oraz zawartość białka również wskazują na dobrą jakość mąki wykorzystanej w badaniach. Analiza alweograficzna dostarcza informacji

o przydatności mąki do produkcji pieczywa. Jak podaje Słowik (2007), mąka o dobrych właściwościach wypiekowych charakteryzuje się stosunkiem sprężystości do rozciągliwości ciasta w przedziale 0,5-1,0. Dla badanej mąki uzyskano wartość 0,88.

**Tabela 2.** Charakterystyka mąki pszennej wykorzystanej w badaniach

**Table 2.** Characteristic of wheat flour

Parametr / Parameter	Wartość średnia / Average value
Wilgotność / Moisture (%)	14,5
Kwasowość / Acidity (°)	4,15
Zawartość białka / Protein content (% s.m.)	10,2
Ilość glutenu mokrego / Wet gluten content (%)	25,9
Indeks glutenu / Gluten index – IG	96
Wodochłonność / Water absorption (%)	56,3
Sprężystość / Tenacity – P (mmH <sub>2</sub> O)	85
Rozciągliwość / Extensibility – L (mm)	96
Praca odkształcenia/ Deformation energy – W (10J)	270
Stosunek / Ratio L/P	0,88
Współczynnik elastyczności / Index of elasticity – Ie (%)	56,5
Współczynnik rozdęcia / Swelling index – G	21,8

Wyniki analizy fizykochemicznej uzyskanego pieczywa przedstawiono w tabeli 3. Upiek dla uzyskanego pieczywa wyniósł od 5,4%, dla pieczywa z 2% dodatkiem błonnika grochowego do 14,1% dla pieczywa z 6% dodatkiem błonnika owsianego. W przypadku pieczywa z dodatkiem błonnika jabłkowego wraz ze wzrostem jego ilości upiek się obniżał, z kolei dodatek większych ilości błonnika owsianego i psyllium przyczyniał się do wzrostu tego parametru. Najwyższą objętością charakteryzowało się pieczywo bez dodatku błonnika, najniższą wartość – 274,1 cm<sup>3</sup>·100g<sup>-1</sup> uzyskano w przypadku pieczywa z 6% dodatkiem błonnika grochowego. Pozostałe próbki charakteryzowały się objętością powyżej 315 cm<sup>3</sup>·100g<sup>-1</sup>. Zwiększanie dawki błonnika powodowało istotne zmniejszenie objętości pieczywa. Podobną zależność uzyskali Belghith Fendri i in. (2016) oraz Wang i in. (2002) dla błonnika grochowego. Porowatość pieczywa wyniosła od 69,1 do 85,4%. Najwyższe wyniki uzyskano dla próby kontrolnej oraz pieczywa z 6% dodatkiem błonnika owsianego i 2% dodatkiem błonnika psyllium. Kwasowość miękiszu pieczywa wyniosła od 2,37 do 7,23° kwasowości. Próba kontrolna charakteryzowała się kwasowością na poziomie 4,49° kwasowości. Dodatek błonnika jabłkowego wpływał na istotny wzrost kwasowości, zaś psyllium – istotnie ją obniżał. Spośród badanego pieczywa tylko próby z dodatkiem błonnika psyllium spełniały wymagania normy PN-92/A-74105 (kwasowość do 3°). Zawartość białka w analizowanym pieczywie pszenym zawierała się w przedziale 4,8-6,4% s.m. Dodatek błonnika istotnie wpłynął na zmniejszenie zawartości białka. Niższa zawartość białka, a tym samym glutenu, może przyczynić się do obniżenia zdolności zatrzymywania ditlenku węgla w czasie fermentacji wskutek obniżenia rozciągliwości ciasta (Plyer 1988). Spowodowało to obniżenie objętości otrzymanego pieczywa pszenego w porównaniu do próby kontrolnej.

**Tabela 3.** Charakterystyka pieczywa pszennego po 24 h od wypieku**Table 3.** Characteristic of wheat bread 24 h after baking

Rodzaj błonnika Dietary fiber type	Upiek Baking loss (%)	Objętość Volume (cm <sup>3</sup> ·100 g <sup>-1</sup> )	Porowatość Porosity (%)	Kwasowość Acidity (°)	Zawartość białka Protein content (%)
Próba kontrolna / Control	10,8h	425,9h	85,4e	4,49i	6,4g
Błonnik jabłkowy Apple fiber	2 9,9fg 4 6,6c 6 5,9b	383,0g 384,8g 351,5cd	81,3d 77,2c 77,2c	5,07j 6,55k 7,23l	5,9f 5,9f 5,9ef
Błonnik grochowy Pea fiber	2 5,4a 4 7,9d 6 6,0b	356,4de 316,4b 274,1a	73,2b 77,2c 69,1a	3,89e 3,99ef 4,56l	5,9ef 5,6cd 5,5c
Błonnik owsiany Oat fiber	2 9,6f 4 10,6h 6 14,1k	347,7c 353,2d 361,8e	81,3d 81,3d 85,4e	4,41hi 4,39gh 4,29g	6,0f 5,8e 5,9ef
Błonnik psyllium Psyllium fiber	2 9,2e 4 11,4i 6 11,7ij	374,6f 378,1fg 341,1c	85,4e 81,3d 77,2c	3,27cd 2,71b 2,37a	5,2b 5,5c 4,8a

2,4,6 – procentowa ilość błonnika/ percentage dietary fiber content; wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie inną literą różnią się statystycznie istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) / mean values designated by different letters and placed in the same column differ statistically significantly ( $\alpha = 0.05$ )

Przeanalizowano wilgotność skórki oraz miększu pieczywa pszennego po 24, 48 i 72 godzinach od wypieku (tab. 4). Wilgotność skórki zmniejszała się istotnie w czasie przechowywania w przypadku chleba bez dodatku błonnika, z dodatkiem 2% błonnika jabłkowego oraz 6% dodatkiem błonnika psyllium.

**Tabela 4.** Wyniki wilgotności skórki i miększu w pieczywie pszenym**Table 4.** The results of crust and crumb moisture in wheat bread

Rodzaj błonnika Fiber type	Wilgotność skórki / Crust moisture (%)			Wilgotność miększu / Crumb moisture (%)		
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
Próba kontrolna Control	29,4abcdB	26,4Ba	25,9abcA	43,7abAB	43,6abcdeAB	42,5abcdA
Błonnik jabłkowy Apple fiber	2 28,1abB 4 29,0abcA 6 31,1cdeA	24,2aA 29,6abcA 30,7deA	23,9aA 28,6cdA 31,0eA	44,0abcA 42,2aAB 44,6bcdeAB	43,9abcdeFA 41,5aAB 43,2abcdAB	43,9abcdeFGA 40,6aA 43,2abcdeFA
Błonnik grochowy Pea fiber	2 30,5bcdeA 4 32,3deA 6 33,5efA	28,5bcAB 31,0deA 31,9deA	30,4eA 32,2fA 32,2fA	43,7abcA 44,7bcdeA 46,5efghAB	43,1abcA 45,6bcdeFGHI 46,1cdefghijAB	42,8abcdeA 45,1bcdeFGH 45,9bcdeFGH
Błonnik owsiany Oat fiber	2 29,4abcdA 4 30,5bcdeA 6 27,2aA	28,9cdA 27,9bcA 27,4bcA	27,8bcA 27,9bcA 25,1abA	45,5bcdeFG 44,5bcdeA 44,2abcdA	44,2abcdeFB 43,6abcdeA 43,6abcdeA	42,0abA 43,5abcdeFA 42,3abcA
Błonnik psyllium Psyllium fiber	2 31,2cdeA 4 32,8defA 6 34,4gAB	31,9defA 33,2fgA 37,1hB	30,4eA 30,1cdA 32,1fA	47,6ghiA 49,9iAB 52,9jA	47,3ghijA 49,0jAB 53,0kA	46,0cdeFGH 47,0fghA 52,1iA

2,4,6 – procentowa ilość błonnika/ percentage dietary fiber content; 24, 48, 72 h – czas przechowywania/ storage time; wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie inną małą literą różnią się statystycznie istotnie. Wartości średnie oznaczone w wierszu inną dużą literą różnią się statystycznie istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) / mean values designated by different lowercase and placed in the same column differ statistically significantly. Mean values designated by different capital letters placed in the same line differ statistically significantly ( $\alpha = 0.05$ )

Porównując wilgotność pieczywa z dodatkiem błonnika oraz próby kontrolnej, można stwierdzić, że po 24 godzinach przechowywania pieczywo z dodatkiem 2 i 4% błonnika jabłkowego oraz 6% błonnika owsianego charakteryzowało się niższą wilgotnością od pieczywa bez dodatku błonnika, natomiast pozostałe próby cechowały się wyższą wilgotnością. Po 48 godzinach przechowywania tylko dla pieczywa z dodatkiem 2% błonnika jabłkowego uzyskano wilgotność niższą w porównaniu do próby kontrolnej. Natomiast po 72 godzinach przechowywania dla próby z 2% dodatkiem błonnika jabłkowego oraz 6% dodatkiem błonnika owsianego uzyskano wartości niższe w porównaniu z próbą bez dodatku błonnika.

Wilgotność mięksiszu wyniosła od 40,6 do 53,0% (tab. 4). Wartość tego parametru zmniejszała się wraz z czasem przechowywania dla większości prób. Wyjątek stanowiło pieczywo z 4% dodatkiem błonnika grochowego. Porównując pieczywo z dodatkiem błonnika z próbą kontrolną, zaobserwowano, że dodatek błonnika wpłynął w większości przypadków na zwiększenie wilgotności mięksiszu pieczywa. Odwrotną zależność uzyskano w przypadku pieczywa z dodatkiem 4% błonnika jabłkowego po 24 i 48 godzinach przechowywania, 6% błonnika jabłkowego po 48 godzinach przechowywania oraz 2 i 6% błonnika owsianego po 72 godzinach przechowywania. Porównując pieczywo z błonnikami, wykazano, że najwyższą wilgotnością mięksiszu charakteryzowało się pieczywo z dodatkiem błonnika psyllium, natomiast najniższą pieczywo z dodatkiem błonnika jabłkowego. Zależność taka może wynikać z różnic w absorpcji wody tych błonników. Zgodnie z deklaracją producenta zdolność absorpcji wody przez błonnik psyllium wynosi 20 g H<sub>2</sub>O na g s.s., podczas gdy błonnik jabłkowy chłonie wodę w ilości 5 g H<sub>2</sub>O na g s.s..

Wyniki tekstury pieczywa pszennego przedstawiono w tabeli 5.

Twardość jest określana jako maksymalna siła zarejestrowana w czasie pierwszego zgniatania badanego materiału (Correa i in 2010). W przypadku próby kontrolnej, pieczywa z dodatkiem błonnika jabłkowego oraz pieczywa z 2 i 4% dodatkiem błonnika owsianego, następował wzrost twardości wraz z czasem przechowywania. Próby z dodatkiem błonnika grochowego wykazywały najwyższą twardość po 48 h przechowywania, natomiast pieczywo z dodatkiem błonnika psyllium charakteryzowało się najniższą twardością po 48 h przechowywania. Analizując wyniki, można stwierdzić, że dodatek błonnika istotnie wpłynął na wzrost twardości mięksiszu. Odwrotną zależność uzyskali Wang i in. (2002) dla pieczywa z 3% dodatkiem błonnika grochowego. Jak podaje Gomez i in. (2003), twardość jest wynikiem interakcji pomiędzy błonnikiem a białkami występującymi w pieczywie.

Sprężystość mięksiszu wyniosła od 0,84 do 0,96 dla analizowanego pieczywa. Zaobserwowano istotne obniżenie się tego parametru w 72 h przechowywania niezależnie od rodzaju zastosowanego błonnika. Wyjątek stanowiło pieczywo z dodatkiem błonnika owsianego, w przypadku którego parametr ten wzrósł. Nie zaobserwowano natomiast istotnego wpływu dodatku błonnika na zmianę sprężystości mięksiszu.

W badaniach Wang i in. (2002) również nie wykazano wpływu dodatku błonnika grochowego na zmianę sprężystości pieczywa pszennego.

**Tabela 5.** Parametry tekstury pieczywa pszennego

**Table 5.** Texture parameters of wheat bread

Rodzaj błonnika/ Fiber type		Czas / Time		
		24 h	48 h	72 h
		Twardość / Hardness (N)		
Próba kontrolna / Control		8,71abA	8,95bcA	10,09aB
Błonnik jabłkowy Apple fiber	2	8,72abAB	11,65cdeBC	14,28bC
	4	11,07bcAB	14,48deBC	18,52dC
	6	9,87abcAB	13,69deB	22,01eC
Błonnik grochowy Pea fiber	2	11,64bcdeA	15,52efgB	14,51bB
	4	11,40cdeAB	18,58ghB	14,67bC
	6	12,26deA	20,21hiB	14,09bA
Błonnik owsiany Oat fiber	2	12,38deA	14,08deA	17,92cdB
	4	10,89abcAB	15,80efgB	16,37cB
	6	18,11fA	16,68efgA	15,64bcA
Błonnik psyllium Psyllium fiber	2	11,01bcB	8,31abA	17,31cC
	4	11,11bcA	9,23bcdA	17,57cB
	6	10,88abcB	6,84aA	22,94cC
		Sprężystość / Resilience		
Próba kontrolna / Control		0,95aA	0,90aA	0,93abA
Błonnik jabłkowy Apple fiber	2	0,95aB	0,95aB	0,86abA
	4	0,96aB	0,96aB	0,87abA
	6	0,96aA	0,96aA	0,89abA
Błonnik grochowy Pea fiber	2	0,96aA	0,96aA	0,92abA
	4	0,96aB	0,96aB	0,85abA
	6	0,95aB	0,86aA	0,87abA
Błonnik owsiany Oat fiber	2	0,91aA	0,93aA	0,93abA
	4	0,85aA	0,84aA	0,92abB
	6	0,91aA	0,91aA	0,94abA
Błonnik psyllium Psyllium fiber	2	0,95aB	0,95aB	0,84abA
	4	0,96aA	0,95aA	0,91abA
	6	0,95aB	0,96aB	0,85abA
		Spoistość / Cohesiveness		
Próba kontrolna / Control		0,75abcdB	0,65abcdeAB	0,57abA
Błonnik jabłkowy Apple fiber	2	0,72abcB	0,66abcdeB	0,48abA
	4	0,72abcC	0,56abcdB	0,42aA
	6	0,74abcdC	0,60abcdeB	0,42aA
Błonnik grochowy Pea fiber	2	0,76abcdeC	0,51aA	0,59abB
	4	0,78cdeB	0,59abcdA	0,49abA
	6	0,77bcdeB	0,52abA	0,50abA
Błonnik owsiany Oat fiber	2	0,67abcA	0,58abcdA	0,60abcA
	4	0,66abA	0,64abcdeA	0,59abA
	6	0,65abA	0,62abcdeA	0,64bcdA
Błonnik psyllium Psyllium fiber	2	0,74abcdB	0,74defB	0,49abA
	4	0,77bcdeB	0,78efB	0,51abA
	6	0,76bcdeB	0,85fB	0,48abA

**Tabela 5. Cd**  
**Table 5. Cont.**

Rodzaj błonnika/ Fiber type		Czas / Time		
		24 h	48 h	72 h
Gumowatość / Gumminess (N)				
Próba kontrolna / Control		6,51abA	5,82aB	5,77aA
Błonnik jabłkowy	2	6,28abAB	7,69bcdB	6,82abcdB
Apple fiber	4	7,97bcA	8,16deA	7,79abcdA
	6	5,04aA	8,12deBC	9,19efC
Błonnik grochowy	2	8,82cdA	7,83bcdA	8,53defA
Pea fiber	4	8,90cdB	10,87fC	7,16abcdAB
	6	9,40cdeA	10,44efA	7,22abcdA
Błonnik owsiany	2	8,27bcdA	8,06deA	10,75fgB
Oat fiber	4	5,21aA	10,13efB	9,59efgB
	6	11,80fA	10,33efA	9,99efgA
Błonnik psyllium	2	8,14cdA	6,17abA	8,54defA
Psyllium fiber	4	8,59cdAB	7,18bcdA	8,92efB
	6	8,27cdBC	5,84aAB	10,98fgC
Żuwalność / Chewiness (N mm)				
Próba kontrolna / Control		6,20abA	5,45aA	5,35aA
Błonnik jabłkowy	2	5,96abAB	7,29bcdefB	5,89abAB
Apple fiber	4	7,63cdeA	7,21bcdefA	6,81abcA
	6	6,32cdeAB	7,29bcdefAB	8,15bcdB
Błonnik grochowy	2	8,47defgB	7,06bcdefA	7,87bcdAB
Pea fiber	4	8,53defgB	9,95fiB	6,07abA
	6	8,94efghA	8,66cdefghA	6,30abA
Błonnik owsiany	2	7,51bcdeA	7,20bcdefA	10,04cdeB
Oat fiber	4	5,61aA	9,36defghB	8,87bcdB
	6	10,68A	9,69efghiA	9,35bcdA
Błonnik psyllium	2	7,73bcdeB	5,91abcA	6,99abcAB
psyllium fiber	4	8,22cdefA	6,95abcdeA	8,08bcdA
	6	7,87bcdeB	5,73abA	9,10bcdB

2,4,6 – procentowa ilość błonnika/ percentage dietary fiber content; 24, 48, 72 h – czas przechowywania/ storage time; wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie inną małą literą różnią się statystycznie istotnie. Wartości średnie oznaczone w wierszu inną dużą literą różnią się statystycznie istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) / mean values designated by different lowercase and placed in the same column differ statistically significantly. Mean values designated by different capital letters placed in the same line differ statistically significantly ( $\alpha = 0.05$ ).

Spoistość badanego pieczywa wyniosła od 0,42 do 0,85. Najniższe wartości uzyskano w przypadku pieczywa z dodatkiem 4 i 6% błonnika jabłkowego. Wraz z czasem przechowywania parametr ten istotnie obniżał się.

Gumowatość określa energię niezbędną do rozdrobnienia produktu i stanowi iloczyn twardości i spoistości badanego materiału (Civille i Szczesniak 1973, Armero i Collar 1997). Wartość tego parametru wyniosła od 5,04 N dla pieczywa



z 6% dodatkiem błonnika jabłkowego, do 11,80 N dla pieczywa z 6% dodatkiem błonnika owsianego. Dodatek błonnika wpłynął istotnie na wzrost gumowatości w przypadku większości próbek pieczywa. Najwyższe wartości tego parametru zaobserwowano w przypadku pieczywa z dodatkiem błonnika owsianego i grochowego.

Żuwalność definiowana jest jako energia potrzebna do rozdrobnienia (żucia) pieczywa (Peng i in. 2017). Parametr ten wyniósł od 5,35 N mm dla próby kontrolnej po 72 h przechowywania, do 10,69 N mm dla pieczywa z 6% dodatkiem błonnika owsianego po 24 h przechowywania. W przypadku próby kontrolnej oraz pieczywa z dodatkiem 4% błonnika jabłkowego, 6% dodatkiem błonnika grochowego i 6% dodatkiem błonnika owsianego żuwalność ulegała obniżeniu wraz z czasem przechowywania. Z kolei 6% dodatek błonnika jabłkowego spowodował wzrost tego parametru wraz z czasem przechowywania. Analizując uzyskane wyniki, można zauważyć, że dodatek błonnika istotnie wpłynął na wzrost żuwalności. Odwrotną zależność uzyskali Wang i in. (2002) przy zastosowaniu błonnika grochowego w ilości 3%.

Zbadano istnienie zależności liniowej pomiędzy parametrami tekstury, wyznaczając współczynniki korelacji Pearsona przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  (tab. 6). Najwyższe współczynniki korelacji uzyskano pomiędzy gumowatością i żuwalnością (0,97-0,98), twardością i żuwalnością (0,60-0,85) oraz twardością i gumowatością (0,74-0,93). Najsilniejszą zależność pomiędzy parametrami zaobserwowano po 48 h przechowywania, z kolei najslabszą po 72 h. Żuwalność i gumowatość są drugorzędnymi parametrami tekstury zależnymi głównie od twardości. Współczynniki korelacji powyżej 0,90 pomiędzy twardością i żuwalnością uzyskali także Wahyono i in. (2016a) oraz Wahyono i in. (2016b). Sprężystość i spoistość mięksizu pieczywa również były istotnie skorelowane dodatnio po 24 i 72 godzinie przechowywania. Silną ujemną współzależność uzyskano także pomiędzy twardością i spoistością po 48 godzinach przechowywania. W badaniach Wahyono i in. (2016a) oraz Wahyono i in. (2016b) uzyskano współczynniki korelacji pomiędzy omawianymi parametrami zbliżone do wyników uzyskanych w niniejszej pracy po 24 i 72 godzinach.

**Tabela 6.** Współczynniki korelacji parametrów tekstury  
**Table 6.** Correlation coefficients of texture parameters

	Sprężystość Resilience			Spoistość Cohesiveness			Gumowatość Gumminess			Żuwalność Chewiness		
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h
Twardość Hardness	-0,30	-0,39	-0,30	-0,48	<b>-0,83</b>	-0,46	<b>0,81</b>	<b>0,93</b>	<b>0,74</b>	<b>0,84</b>	<b>0,85</b>	<b>0,60</b>
Sprężystość Resilience				<b>0,81</b>	0,22	<b>0,77</b>	0,14	-0,44	0,21	0,18	-0,39	0,43
Spoistość Cohesiveness							-0,01	<b>-0,59</b>	0,25	0,05	-0,47	0,42
Gumowatość Gumminess										<b>0,97</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>

24, 48, 72 h – czas przechowywania / storage time; współczynnik korelacji  $\geq 0,55$  istotny statystycznie ( $\alpha = 0,05$ ) / correlation coefficients  $\geq 0.55$  statistically significant ( $\alpha = 0.05$ )

## WNIOSKI

1. Okres przechowywania pieczywa oraz dodatek błonnika wpłynął na zróżnicowanie wilgotności miękiszu i skórki pieczywa pszennego. Wraz z czasem przechowywania wilgotność skórki i miękiszu ulegała obniżeniu.

2. Pieczywo z dodatkiem błonnika grochowego oraz psyllium charakteryzowało się wyższą wilgotnością w porównaniu do próby kontrolnej. Najwyższą wilgotność uzyskano w przypadku pieczywa z dodatkiem błonnika psyllium, co może wynikać z najwyższej zdolności absorpcji wody spośród błonników wykorzystanych w badaniach.

3. Dodatek błonnika wpłynął istotnie na wzrost twardości, gumowatości oraz zuwalności w przypadku większości próbek pieczywa. Nie zaobserwowano natomiast istotnego wpływu dodatku błonnika na zmianę sprężystości miękiszu.

4. Dodatek błonnika wpłynął na istotne zmniejszenie objętości pieczywa pszennego, co mogło wynikać z niższej zawartości białka.

## PIŚMIENNICTWO

- Andrzejewska O., 2009. Rynek żywności funkcjonalnej. Wzrost – za jaką cenę?. *Fresh & Cool Market*, 3, 22-28.
- Armero E., Collar C., 1997. Texture properties of formulated wheat doughs. Relationships with dough and bread technological quality. *Z Lebensm. Unters. Forsch. A.*, 204, 136-145, doi:10.1007/s002170050050
- Baixauli R., Salvador A., Guillermo Hough, Fiszman S.M. 2008. How information about fibre (traditional and resistant starch) influences consumer acceptance of muffins. *Food Qual. Prefer.*, 19, 628-635, doi:10.1016/j.foodqual.2008.05.002
- Belghith Fendri L., Chaari F., Maaloul M., Kallel F., Abdelkafi L., Ellouz Chaabouni S, Ghribi-Aydi D., 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Sci. Technol.*, 73, 584-591, doi:10.1016/j.lwt.2016.06.070
- Civille G.V., Szczesniak A.S., 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *J Texture Stud.*, 4, 204-223, doi:10.1111/j.1745-4603.1973.tb00665.x
- Correa M.J., A-ón M.C. Pérez G.T., Ferrero C., 2010. Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure. *Food Res. Int.*, 43, 780-787, doi:10.1016/j.foodres.2009.11.016
- Dojczew D., 2006. Ocena jakości mąki. W: *Wybrane zagadnienia z technologii żywności* (Red. M. Mitek, M. Słowiński). Wyd. SGGW, Warszawa, 224-234.
- Gomez M., Ronda F., Blanco C.A., Caballero P.A., Apestegula A., 2003. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216, 51-56, doi:10.1007/s00217-002-0632-9
- Hepburn P., Howlett J., Boeing H., Cockburn A., Constable A., Davi A., de Jong N., Moseley B., Oberdörfer R., Robertson C., Wal J., Samuels F., 2008. The Application of post-market monitoring to novel foods. *Food Chem. Toxicol.* 2008; 46, 9-33, doi:10.1016/j.fct.2007.09.008
- Instrukcja obsługi, 1997. *Analizator tekstury TA.XT2*. Stable Micro System.
- Jakubczyk T., Haber T. (red.), 1983. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, 298-300.
- Lange E., 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3(70), 7-24.

- Lebesi D.M., Tzia C., 2009. Staling of cereal bran enriched cakes and the effect of an endoxylanase enzyme on the physicochemical and sensorial characteristics. *J Food Sci.*, 76, 380-388, doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02220.x
- Peng B., Li Y., Ding S., Yang J., 2017. Characterization of textural, rheological, thermal, microstructural, and water mobility in wheat flour dough and bread affected by trehalose. *Food Chem.*, 233, 369-377, doi:10.1016/j.foodchem.2017.04.108
- Plyer E.J., 1988. *Baking science and technology*. Sosland publishing Co, Merriam, Kansas USA, 998-1012.
- PN-75/A-04018:1975. Produkty rolno-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- PN-A-74010:1991. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza).
- PN-A-74042-3/A1:1996. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych. Pszenica.
- PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- PN-EN ISO 2797:2009. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.). Oznaczanie właściwości alveograficznych ciasta przy stałym dodatku wody i mąki handlowej lub laboratoryjnej procedura przemiału laboratoryjnego.
- PN-ISO 5530-1:1999. Mąka pszenna. Fizyczne właściwości ciasta. Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu.
- Siwak K. (red.), 2017. Sytuacja gospodarstw domowych w 2016 r. w świetle wyników badania budżetów gospodarstw domowych. Główny Urząd Statystyczny. Wydział Badania Gospodarstw Domowych w Departamencie Badań Społecznych i Warunków Życia, Warszawa.
- Słowik E., 2007. Ocena jakości mąki – przegląd najczęściej stosowanych metod badania mąki (cz. 2). *Przegl. Piek. i Cuk.*, 55(1), 8-9.
- Taylor Ch., Wilkening V., 2008. How the Nutrition Food Label Was Developed, Part 2: The Purpose and Promise of Nutrition Claims. *J. Am. Diet. Assoc.*, 108, 618-623, doi:10.1016/j.jada.2008.01.009
- Thebaudin J.Y., Lefebvre A.C., Harrington M., Bourgeois C.M., 1997. Dietary fibers: nutritional and technological interest. *Trends Food Sci. Tech.*, 81, 41-48, doi:10.1016/S0924-2244(97)01007-8
- Wahyono A., Lee S-B., Kang W-W., Park H-D., 2016a. Improving bread quality using co-cultures of *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspota delbruckii* JK08 and *Pichia anomala* JK04. *Ital. J. Food Sci.*, 28, 298-313.
- Wahyono A., Lee S-B., Park H-D., 2016b. Effects of concentration of Jerusalem artichoke powder on the quality of artichoke-enriched bread fermented with mixed cultures of *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspota delbruckii* JK08 and *Pichia anomala* JK04. *Emir. J Food Agr.*, 28(4), 242-250, doi:10.9755/ejfa.2015-12-1116
- 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 Chem.*, 79, 222-226, doi:10.1016/S0308-8146(02)00135-8
- Wesołowska-Trojanowska M., Tomczyńska-Mleko M., Mazurkiewicz J., Kowalczyk K., Leśniowska-Nowak J., Szafranek M., Róg S., Mleko S., 2014. Wybrane właściwości fizykochemiczne glutenu otrzymanego z nowych rodów pszenicy. *Annales UMCS, sectio E, LXIX(4)*, 76-83.
- www.portalspozywczy.pl, 2015. Zawartość błonnika może zdecydować o wyborze pieczywa. Pobrano: 26.10.2018 z <http://www.portalspozywczy.pl/zboza/wiadomosci/zawartosc-blonnika-moze-zadecydowac-o-wyborze-pieczywa,121142.html>

## THE INFLUENCE OF DIETARY FIBER ON MOISTURE AND TEXTURE CHANGES IN WHEAT BREAD DURING STORAGE

*Katarzyna Sujka, Alicja Ceglińska, Daria Romankiewicz, Ewa Kacprzyk*

Department of Food Technology, Faculty of Food Sciences  
Warsaw University of Life Sciences, WULS-SGGW  
Nowoursynowska 159c, 02-776 Warsaw, Poland  
e-mail: katarzyna\_sujka@sggw.pl

**Abstract.** The effect of apple, pea, oat and psyllium fibre on texture and moisture content of wheat bread during storage was investigated. Dietary fibre was added in amounts of 2, 4 and 6%, respectively. Protein content, acidity, baking loss, volume and porosity were investigated in bread. The crust and crumb moisture and texture were determined after 24, 48 and 72 hours of baking. A significant effect of dietary fibre addition on the acidity and volume of wheat bread was observed. Bread containing dietary fibre showed lower porosity compared to control. Higher moisture content of the crust and crumb were also observed in bread with dietary fibre. The moisture of the crust and crumb decreased during storage. Bread enriched with dietary fibre had lower cohesiveness and higher hardness, gumminess and chewiness. No effect of dietary fibre addition on the change in resilience of the crumb was observed. Crumb hardness increased significantly, while the other texture parameters were reduced during storage.

**Key words:** wheat bread, dietary fiber, texture, moisture