

ANNA MIKULEC, STANISŁAW KOWALSKI, GABRIELA ZIĘĆ

## WPLYW DODATKU MĄKI JAGLANEJ NA JAKOŚĆ PIECZYWA

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku mąki jaglanej na cechy fizyczne oraz organoleptyczne chleba pszenno-jaglanego oceniane w dniu wypieku oraz podczas przechowywania.

Materiał doświadczalny stanowiły chleby pszenne oraz chleby, w których część mąki pszennej zastąpiono całościarną mąką jaglaną w ilości 15, 30 i 50 % w stosunku do masy mąki pszennej. Na podstawie masy zimnego chleba obliczono całkowitą stratę wypiekową. Wykonano pomiary objętości chleba, a testem penetracji przy użyciu analizatora tekstury TA.XT2 plus – cech mechanicznych miększu, takich jak: twardość, sprężystość, spójność, żujność, gumowatość i odbojność. Przeprowadzono także ocenę organoleptyczną chlebów oraz badano zmiany cech mechanicznych ich miększu podczas przechowywania.

Chleby z 30- i 50-procentowym udziałem mąki jaglanej wykazywały mniejszą stratę wypiekową, a także mniejszą objętość bochenków, w porównaniu z chlebem pszennym oraz z chlebem o 15-procentowym udziale mąki jaglanej. Udział mąki jaglanej w ilości 15 i 30 % istotnie wpłynął na obniżenie twardości miększu chleba podczas przechowywania, natomiast udział mąki jaglanej w ilości 30 i 50 % spowodował zmniejszenie wartości takich parametrów tekstury, jak: spójność, gumowatość, żujność i odbojność miększu. Na podstawie wyników oceny organoleptycznej i testu penetracji do produkcji przemysłowej można z powodzeniem polecić chleb z 15-procentowym udziałem mąki jaglanej.

**Słowa kluczowe:** chleb pszenno-jaglany, jakość pieczywa pszenno-jaglanego, cechy mechaniczne miększu, ocena organoleptyczna

### Wprowadzenie

Pieczywo powinno stanowić podstawę zbilansowanej diety z uwagi na zaspokajanie potrzeb organizmu człowieka na węglowodany, białka, składniki mineralne, witaminy czy włókno pokarmowe [9]. Konsumenty coraz częściej nie tylko poszukują wyrobów różnorodnych pod względem smakowym, ale zwracają też uwagę na walory

---

*Dr inż. A. Mikulec, Instytut Techniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu, ul. Zamenhofa 1a, 33-300 Nowy Sącz, dr hab. inż. S. Kowalski, dr G. Zięć, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt amikulec@pwsz-ns.edu.pl*

żywieniowe, wybierając żywność o określonych właściwościach prozdrowotnych. Zastosowanie dodatku zbóż niechlebowych czy pseudozbóż w produkcji piekarskiej wpływa na wzbogacenie tej grupy wyrobów w cenne składniki pokarmowe [9, 16, 17, 21].

Wśród dodatków do pieczywa na uwagę zasługuje proso, które jest bogatym źródłem składników mineralnych, takich jak: wapń, fosfor, potas, cynk czy żelazo, jak również włókna pokarmowego i białka o dużej wartości biologicznej [11, 22]. Ponadto stanowi cenne źródło składników funkcjonalnych, głównie antyoksydantów, dzięki czemu cechuje się m.in. właściwościami przeciwzapalnymi czy antykancerogennymi. Produkty z prosa polecane są dla osób cierpiących na nietolerancję glutenu, a jego ziarna są najmniej alergenne i najłatwiej strawne spośród zbóż [5, 7].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku mąki jaglanej (15, 30 i 50 %) na cechy fizyczne oraz organoleptyczne chleba pszenno-jaglanego oceniane w dniu wypieku oraz podczas 3-dniowego przechowywania.

### **Material i metody badań**

Materiał doświadczalny stanowiły chleby pszenne (PP) o masie 500 g, otrzymane z mąki pszennej typu 650 (PZZ Kraków) oraz chleby pszenne, w których część mąki pszennej typu 650 zastąpiono całościarną mąką jaglaną (BioPlanet), w ilości 15 (PJ15), 30 (PJ30) i 50 % (PJ50) w stosunku do masy mąki pszennej.

Podstawowa receptura na chleb zawierała: 10,5 kg mąki pszennej typu 650, 6,41 dm<sup>3</sup> wody, 0,32 kg drożdży oraz 0,21 kg soli. Ciasto do wypieku pieczywa sporządzano metodą jednofazową w mieszarce spiralnej, szybkoobrotowej MS 130 (Ibis, Polska). Po wstępnej fermentacji kęsy ciasta o masie 580 g formowano i umieszczano w metalowych foremkach. Po zakończeniu procesu fermentacji chleby wypiekano w piecu wsadowym MIWE IDEAL (MIWE Michael Wenz GmbH, Niemcy) w temp. 230 °C, przez 40 min. Z każdego ciasta uzyskano po 30 sztuk danego rodzaju pieczywa.

Po wypieczeniu chleby pozostawiano do ostygnięcia przez 4 h w temp. 20 °C, po czym poddawano je ocenie organoleptycznej. Ocenę zgodnie z normą [18] przeprowadzał 12-osobowy panel o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej [12, 13, 19]. W ocenie uwzględniano: wygląd zewnętrzny, cechy skórki i miększu oraz smak i zapach. Do liczby uzyskanych punktów dodawano po 8 pkt za wskaźniki fizykochemiczne w celu uzyskania porównywalnej oceny. Chleby przeznaczone do badania zmian podczas przechowywania pakowano w polietylenowe woreczki foliowe (HDPE) i pozostawiano przez 72 h w temp. 20 ± 2 °C.

W dniu wypieku oznaczano masę ostudzonych bochenków w celu obliczenia całkowitej straty wypiekowej oraz objętość bochenków w materiale sypkim [14]. Późniejszy od dnia wypieku przez kolejne 4 dni oznaczano wilgotność miększu metodą

suszarkową [3] oraz wybrane cechy mechaniczne miękiszu, jak: twardość, sprężystość, gumowatość, żujność i odbojność, stosując test penetracji przy użyciu jednoramiennego analizatora tekstury TA.XT2 Plus (Stable Micro System, Wielka Brytania). Jako element pomiarowy zastosowano sondę aluminiową P/36R o średnicy 36 mm. Pomiarów wykonywano przy następujących ustawieniach: szybkość przesuwu sondy –  $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , 50-procentowe odkształcenie całkowitej wysokości próbki, 5 s przerwy pomiędzy pierwszą i drugą kompresją.

Wyniki przedstawiono jako wartości średnie z dwóch wypieków (po minimum 5 powtórzeń każdej analizy, w każdym z wypieków).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA) przy użyciu programu komputerowego Statistica 12.0. Istotność różnic weryfikowano testem Duncana ( $p = 0,05$ ).

### Wyniki i dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano istotnie mniejszą masę zimnego bochenka chleba pszennego i z 15-procentowym udziałem mąki jaglanej, a tym samym istotnie większą stratę wypiekową całkowitą w porównaniu z chlebami z 30- i 50-procentowym jej dodatkiem (tab. 1).

Istotnie większą masę badanych chlebów z udziałem mąki jaglanej w ilości 30 i 50 % w porównaniu z chlebami PP i PJ15 można tłumaczyć większym związaniem wody przez mięksiz, co potwierdza także istotnie wyższa (oznaczona w dniu wypieku) wilgotność chlebów z dodatkiem mąki jaglanej (tab. 1). Większą wilgotność badanego materiału wraz ze wzrostem dodatku przetworów jaglanych obserwowali także Karup-pasamy i wsp. [15]. Pieczywo kontrolne (pszenne), a także z 15-procentowym udziałem mąki jaglanej charakteryzowało się istotnie większą objętością, w porównaniu z pozostałymi chlebami. Przy czym zaobserwowano istotne zmniejszenie objętości bochenków wraz ze wzrostem udziału mąki jaglanej (tab. 1). Podobne wyniki uzyskali Gavurniková i wsp. [10], którzy obserwowali istotne zmniejszenie objętości pieczywa począwszy od 20-procentowego dodatku mąki jaglanej. Sayed i wsp. [21] oraz Aprodu i Banu [4] również zaobserwowali wpływ dodatku mąki jaglanej na zmniejszenie objętości chlebów.

Przyczyną mniejszej objętości pieczywa wskutek dodatku mąki jaglanej jest zmniejszenie zawartości białek glutenowych, których mąka jaglana nie zawiera, jak i zwiększona zawartość błonnika wpływającego na zmniejszenie zdolności zatrzymywania gazów fermentacyjnych [2, 10, 24]. Jak już wspomniano, w dniu wypieku pieczywo z dodatkiem mąki jaglanej charakteryzowało się istotnie większą wilgotnością niż pieczywo kontrolne, jednak nie zaobserwowano różnic pod względem wilgotności miękiszu wraz ze wzrostem dodatku mąki jaglanej w chlebach (tab. 1). Uzyskane wyniki są zgodne z normą [23] określającą, że wilgotność chleba pszennego o kształcie

nadany formą i masie powyżej 200 g po 4 h od wypieku nie powinna wynosić więcej niż 47 %. Chleby pszenne i z 15-procentowym udziałem mąki jaglanej (PJ15) zostały lepiej ocenione i zakwalifikowane do I klasy jakości niż chleby z 30- i 50-procentowym jej dodatkiem (II klasa jakości) – tab. 1.

Tabela 1. Wybrane wyróżników jakościowe badanych chlebów w dniu wypieku  
Table 1. Selected quality parameters of bread analyzed on baking day

Rodzaj chleba Kind of bread	Masa zimnego bochenka Mass of cold loaf [g]	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%]	Objętość Volume [cm <sup>3</sup> ]	Wilgotność miękiszu Moisture of bread crumb [%]	Klasa jakości Quality class
PP	504,51 <sup>a</sup> ± 1,82	13,10 <sup>b</sup> ± 0,18	3035,7 <sup>c</sup> ± 4,3	44,53 <sup>a</sup> ± 0,09	I
PJ15	505,25 <sup>a</sup> ± 1,91	12,93 <sup>b</sup> ± 0,19	3033,1 <sup>c</sup> ± 3,2	45,35 <sup>b</sup> ± 0,11	I
PJ30	509,65 <sup>b</sup> ± 1,72	12,24 <sup>a</sup> ± 0,18	2897,4 <sup>b</sup> ± 5,4	45,46 <sup>b</sup> ± 0,12	II
PJ50	510,15 <sup>b</sup> ± 1,85	12,07 <sup>a</sup> ± 0,19	2623,9 <sup>a</sup> ± 4,1	45,24 <sup>b</sup> ± 0,19	II

Objaśnienia / Explanatory notes:

PP – chleb pszenny / wheat bread; PJ15 – chleb pszenny z 15-procentowym udziałem mąki jaglanej / wheat bread with 15 % content of millet flour; PJ30 – chleb pszenny z 30-procentowym udziałem mąki jaglanej / wheat bread with 30 % content of millet flour; PJ50 – chleb pszenny z 50-procentowym udziałem mąki jaglanej / wheat bread with 50 % content of millet flour.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 8; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie (p = 0,05) / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly (p = 0.05).

W ocenie punktowej pieczywo z 15-procentowym udziałem mąki jaglanej było, pod względem średnich ocen za poszczególne cechy, ocenione podobnie jak pieczywo pszenne (tab. 2). Chlebom z 30- i 50-procentowym udziałem mąki jaglanej przyznano zbliżoną liczbę punktów za badane cechy, jednak były one znacznie niższe w porównaniu z notami pieczywa PP i PJ15. Należy podkreślić, że smak i zapach wszystkich chlebów oceniono w zakresie od 5,2 (PJ30 i PJ50) do 5,4 (PJ15). Uzyskane wyniki różnią się od otrzymanych przez Gavurniková i wsp. [10]. Wymienieni autorzy obserwowali wyraźnie negatywny wpływ mąki jaglanej na jakość pieczywa już powyżej 10-procentowego jej dodatku, a za najbardziej negatywną cechę wynikającą z obecności mąki jaglanej uznano ziarnistość miękiszu, która była wyczuwalna już przy 5-procentowym jej udziale. Karuppasamy i wsp. [15] także obserwowali niekorzystny wpływ mąki jaglanej na parametry jakościowe chlebów, a za optymalny uznali 20-procentowy dodatek tej mąki. Sayed i wsp. [21] obserwowali obniżenie jakości chlebów z 50-procentowym udziałem mąki jaglanej w porównaniu z chlebami pszennymi, a zwłaszcza pogorszenie ich cech teksturalnych, smaku, zapachu i utratę miękkości.

Tabela 2. Wyniki cząstkowej oceny organoleptycznej badanych chlebów

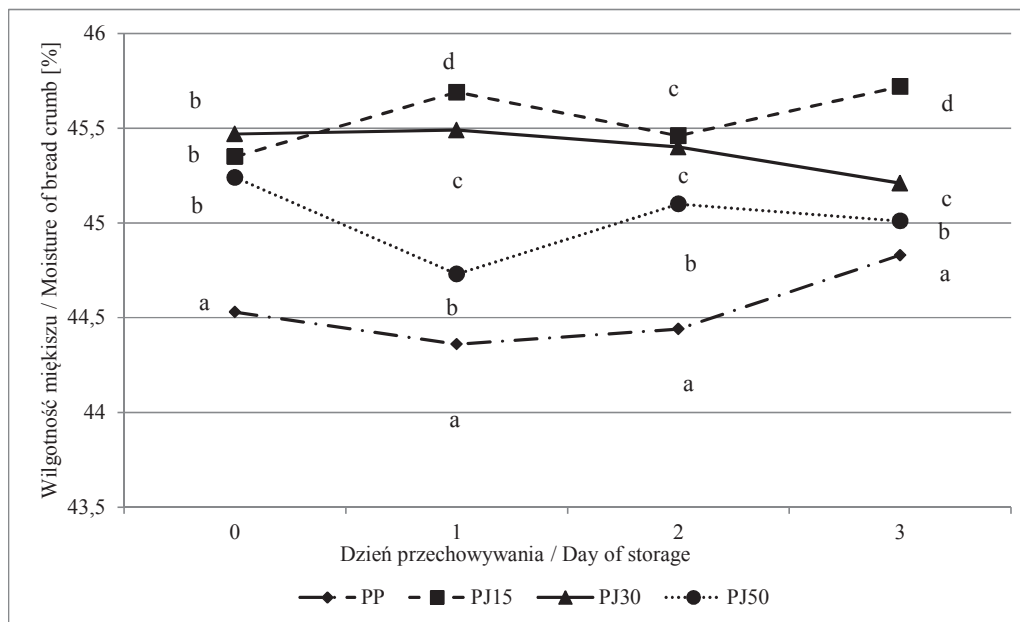
Table 2. Results of partial organoleptic assessment of bread tested

Wyróżniki jakości pieczywa Quality features of bread	PP	PJ15	PJ30	PJ50
Wygląd zewnętrzny Appearance	4,8 ± 0,39	4,8 ± 0,38	4,2 ± 0,46	4,1 ± 0,42
Skórka – barwa Colour of crust	2,8 ± 0,11	2,8 ± 0,09	2,2 ± 0,37	2,1 ± 0,39
Skórka – grubość Thickness of crust	3,8 ± 0,12	3,8 ± 0,11	3,2 ± 0,29	3,1 ± 0,31
Skórka – pozostałe cechy Other features of crust	3,9 ± 0,13	3,9 ± 0,14	3,2 ± 0,31	3,1 ± 0,35
Miękisz – elastyczność Springiness of crumb	4,0 ± 0,00	4,0 ± 0,00	3,4 ± 0,25	3,4 ± 0,38
Miękisz – porowatość Porosity of crumb	3,0 ± 0,00	3,0 ± 0,00	2,5 ± 0,28	2,4 ± 0,30
Miękisz – pozostałe cechy Other features of crumb	3,7 ± 0,17	3,7 ± 0,18	3,1 ± 0,32	3,2 ± 0,32
Smak i zapach Taste and smell	5,3 ± 0,48	5,4 ± 0,47	5,2 ± 0,49	5,2 ± 0,49
Wskaźniki fizykochemiczne Physicochemical indicators	8	8	8	8
Suma punktów Total points	39,3	39,4	35,0	34,6

Objaśnienia symboli jak w tab. 1. / Explanation of symbols as in Tab. 1.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 12.

Zarówno w dniu wypieku, jak i podczas przechowywania, wilgotność miękiszu badanych chlebów z dodatkiem mąki jaglanej była istotnie większa w porównaniu z chlebem pszennym (rys. 1). Od pierwszego dnia przechowywania można było zaobserwować istotne różnice pod względem wilgotności miękiszu wszystkich badanych chlebów, z wyjątkiem drugiego dnia, w którym wilgotność próbek PJ15 i PJ30 nie różniła się istotnie (rys. 1). Zmiany zachodzące w zakresie wilgotności miękiszu badanych chlebów potwierdzają, że utrata wody nie jest jedynym powodem starzenia się pieczywa [8]. Czerstwienie pieczywa to proces złożony, zależny od wielu czynników. Jednym z nich jest obecność glutenu, który wpływa na powstanie elastycznej struktury spowalniającej migrację wody z miękiszu do skórki, a także tworzenie się kompleksów pomiędzy polimerami skrobiowymi, tłuszczami oraz białkami obecnymi w pieczywie, przyczyniając się do zahamowania agregacji amylozy i amylopektyny i spowalniając proces czerstwienia pieczywa [8, 20].



Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak w tab. 1. / Explanatory notes of symbols as in Tab. 1;

a, b, c, d - wartości średnie oznaczone różnymi literami różną się statystycznie istotnie ( $p = 0,05$ ) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly ( $p = 0.05$ ).

Rys. 1. Zmiany wilgotności miększu badanych chlebów podczas przechowywania

Fig. 1. Changes in crumb moisture of bread tested during storage

Twardość miększu jest głównym wyznacznikiem świadczącym o jakości pieczywa i ściśle wiąże się z postrzeganiem przez konsumentów pieczywa jako świeże [1]. Parametry tekstury badanego pieczywa w dniu wypieku, jak i w trakcie 3-dniowego przechowywania, przedstawiono w tab. 3. W dniu wypieku wszystkie badane chleby cechowały się zbliżoną twardością miększu. Podczas przechowywania zaobserwowano znaczny wzrost twardości miększu we wszystkich badanych chlebach, co wynika głównie z retrogradacji amylozy w skrobi, zarówno pszennej, jak i jaglanej [8]. Od pierwszego dnia przechowywania istotnie mniejszą twardością charakteryzowało się pieczywo z 15- i 30-procentowym udziałem mąki jaglanej w porównaniu z próbą kontrolną (PP). Twardość miększu chleba pszennego i PJ50 nie różniła się natomiast statystycznie istotnie ( $p = 0,05$ ) począwszy od pierwszego dnia przechowywania. Chleby te odznaczały się największą twardością miększu (tab. 3).

Tabela 3. Wybrane cechy mechaniczne miększu badanych chlebów podczas przechowywania  
Table 3. Selected mechanical characteristics of crumb of bread tested during storage

Rodzaj chleba Kind of bread	Dzień przechowywania Day of storage	Twardość Hardness [N]	Sprężystość Springiness [-]	Spójność Cohesiveness [-]	Gumowatość Gumminess [-]	Żujność Chewiness [-]	Odbojność Resilience [-]
PP	0	9,29 <sup>a</sup> ± 1,18	0,88 <sup>b</sup> ± 0,18	0,84 <sup>b</sup> ± 0,03	7,82 <sup>b</sup> ± 0,78	7,02 <sup>b</sup> ± 1,91	0,51 <sup>c</sup> ± 0,04
PJ15		8,63 <sup>a</sup> ± 1,27	0,91 <sup>b</sup> ± 0,07	0,81 <sup>b</sup> ± 0,05	6,94 <sup>ab</sup> ± 1,1	6,5 <sup>ab</sup> ± 1,29	0,49 <sup>c</sup> ± 0,07
PJ30		8,13 <sup>a</sup> ± 0,31	0,96 <sup>b</sup> ± 0,01	0,71 <sup>a</sup> ± 0,02	5,79 <sup>a</sup> ± 0,13	5,57 <sup>a</sup> ± 0,13	0,40 <sup>b</sup> ± 0,02
PJ50		10,11 <sup>a</sup> ± 2,08	0,78 <sup>a</sup> ± 0,17	0,71 <sup>a</sup> ± 0,06	6,96 <sup>ab</sup> ± 1,04	6,58 <sup>ab</sup> ± 0,85	0,33 <sup>a</sup> ± 0,03
PP	1	15,09 <sup>b</sup> ± 0,58	0,96 <sup>a</sup> ± 0,01	0,74 <sup>d</sup> ± 0,01	11,16 <sup>c</sup> ± 0,44	10,71 <sup>c</sup> ± 0,43	0,39 <sup>d</sup> ± 0,01
PJ15		12,12 <sup>a</sup> ± 0,52	0,96 <sup>a</sup> ± 0,01	0,69 <sup>c</sup> ± 0,01	8,38 <sup>b</sup> ± 0,30	8,04 <sup>b</sup> ± 0,28	0,36 <sup>c</sup> ± 0,01
PJ30		12,57 <sup>a</sup> ± 2,02	0,94 <sup>a</sup> ± 0,01	0,54 <sup>b</sup> ± 0,01	6,84 <sup>a</sup> ± 1,06	6,42 <sup>a</sup> ± 0,94	0,24 <sup>b</sup> ± 0,01
PJ50		14,09 <sup>ab</sup> ± 1,29	0,91 <sup>a</sup> ± 0,02	0,48 <sup>ab</sup> ± 0,03	6,13 <sup>a</sup> ± 0,69	5,60 <sup>a</sup> ± 0,66	0,17 <sup>a</sup> ± 0,01
PP	2	20,57 <sup>c</sup> ± 1,68	0,95 <sup>a</sup> ± 0,02	0,63 <sup>d</sup> ± 0,01	13,01 <sup>c</sup> ± 1,27	12,68 <sup>c</sup> ± 1,35	0,29 <sup>c</sup> ± 0,01
PJ15		16,82 <sup>b</sup> ± 1,47	0,92 <sup>a</sup> ± 0,06	0,59 <sup>c</sup> ± 0,02	9,58 <sup>b</sup> ± 0,91	9,19 <sup>b</sup> ± 0,73	0,27 <sup>c</sup> ± 0,02
PJ30		14,41 <sup>a</sup> ± 0,56	0,94 <sup>a</sup> ± 0,02	0,43 <sup>b</sup> ± 0,02	6,41 <sup>a</sup> ± 0,75	6,03 <sup>a</sup> ± 0,63	0,15 <sup>b</sup> ± 0,01
PJ50		21,43 <sup>c</sup> ± 1,96	0,92 <sup>a</sup> ± 0,02	0,35 <sup>a</sup> ± 0,01	7,53 <sup>a</sup> ± 0,80	6,92 <sup>a</sup> ± 0,76	0,12 <sup>a</sup> ± 0,01
PP	3	20,30 <sup>c</sup> ± 1,87	0,95 <sup>a</sup> ± 0,01	0,57 <sup>d</sup> ± 0,03	11,68 <sup>c</sup> ± 1,05	11,01 <sup>c</sup> ± 1,04	0,26 <sup>c</sup> ± 0,02
PJ15		17,91 <sup>b</sup> ± 0,76	0,93 <sup>a</sup> ± 0,01	0,51 <sup>c</sup> ± 0,01	9,08 <sup>b</sup> ± 0,23	8,48 <sup>b</sup> ± 0,25	0,21 <sup>b</sup> ± 0,01
PJ30		14,02 <sup>a</sup> ± 1,61	0,92 <sup>a</sup> ± 0,04	0,38 <sup>b</sup> ± 0,02	5,32 <sup>a</sup> ± 0,72	4,91 <sup>a</sup> ± 0,85	0,13 <sup>a</sup> ± 0,01
PJ50		20,93 <sup>c</sup> ± 1,45	0,92 <sup>a</sup> ± 0,04	0,31 <sup>a</sup> ± 0,02	6,40 <sup>a</sup> ± 0,70	5,86 <sup>a</sup> ± 0,40	0,10 <sup>a</sup> ± 0,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak w tab. 1. / Explanation of symbols as in Tab. 1; 0 – dzień wypieku / baking day; 1 – pierwszy dzień po wypieku / the first day after baking; 2 – drugi dzień po wypieku / the second day after baking; 3 – trzeci dzień po wypieku / the third day after baking;

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 8; a, b, c – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami dla poszczególnych dni wypieku nie różnią się statystycznie istotnie (p = 0,05) / mean values denoted by the same letters and referring to individual days of baking do not differ statistically significantly (p = 0,05).

Poza dniem wypieku, w którym istotnie mniejszą sprężystością cechował się chleb z 50-procentowym udziałem mąki jaglanej, nie obserwowano różnic pod względem sprężystości miękiszu (tab. 3). Miększy chlebów PP i PJ15 charakteryzował się istotnie większą spójnością w dniu wypieku w porównaniu z PJ30 i PJ50. Podczas przechowywania obserwowano istotne zmniejszenie spójności miękiszu we wszystkich chlebach z dodatkiem mąki jaglanej. Spójność istotnie malała wraz ze wzrostem udziału mąki jaglanej (tab. 3). Największą gumowatością i żujnością charakteryzował się chleb pszenno-jaglany, poczynając od dnia wypieku, natomiast najmniejszą – chleby z 30- i 50-procentowym udziałem mąki jaglanej (tab. 3). Dodatek mąki jaglanej wpłynął istotnie na zmniejszenie odbojności (tab. 3). Chleby pszenne, zarówno w dniu wypieku, jak i przez cały okres przechowywania cechowały się istotnie wyższą odbojnością w porównaniu z pieczywem pszenno-jaglany, mimo że w dniu wypieku, jak i w drugim dniu przechowywania, odbojność PJ15 nie różniła się istotnie od tej cechy chleba pszenno-jaglany. Istotne zmniejszenie odbojności miękiszu można było obserwować wraz ze wzrostem dodatku mąki jaglanej w chlebach poczynając od dnia wypieku do drugiego dnia przechowywania. W trzecim dniu nie zaobserwowano różnic pod względem odbojności miękiszu chlebów PJ30 i PJ50 (tab. 3). Podobne wyniki uzyskali Karuppasamy i wsp. [15], którzy obserwowali wzrost twardości oraz zmniejszenie spójności i odbojności miękiszu w dniu wypieku w chlebach z dodatkiem różnych odmian prosa. Sayed i wsp. [21] odnotowali natomiast zmniejszenie spójności i odbojności chlebów wraz ze wzrostem zawartości mąki jaglanej poczynając od pierwszego dnia po wypieku. Także Ballolli i wsp. [6] obserwowali wzrost twardości i ziarnistości chlebów z udziałem mąki jaglanej.

### **Wnioski**

1. Zastąpienie mąki pszennej mąką jaglaną w ilości 30 i 50 % wpłynęło istotnie na zmniejszenie objętości pieczywa i ograniczenie straty wypiekowej w porównaniu z chlebem kontrolnym.
2. Dodatek mąki jaglanej w ilości 15 i 30 % wpłynął istotnie na zmniejszenie twardości miękiszu chleba podczas jego przechowywania.
3. Dodatek mąki jaglanej w ilości 30 i 50 % wpłynął na statystycznie istotne zmniejszenie spójności, gumowatości, żujności i odbojności miękiszu.
4. Mając na uwadze ocenę organoleptyczną i wyróżniki testu penetracji, do praktycznego zastosowania zaleca się 15-procentowy dodatek mąki jaglanej do wypieku chleba pszenno-jaglany.

*Badania zostały sfinansowane ze środków MniSW.*



## Literatura

- [1] Ahlborn G.J., Pike O.A., Hendrix S.B., Hess W.M., Huber C.S.: Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chem.*, 2005, 82 (3), 328-335.
- [2] Angioloni A., Collar C.: Suitability of oat, millet and sorghum in bread making. *Food Bioprocess Tech.*, 2012, 6 (6), 1486-1493.
- [3] AOAC: Official Methods of Analysis, 18<sup>th</sup> ed. Association of Analytical Chemists International, Gaithersburg 2006.
- [4] Aprodu I., Banu I.: Rheological, thermomechanical and baking properties of wheat-millet flour blends. *Food Sci. Technol. Int.*, 2015, 21 (5), 342-353.
- [5] Ayo J.A., Nkama I.: Effect of acha (*Digitaria exilis*) grain flour on the physico-chemical and sensory properties of bread. *Int. J. Food Prop.*, 2004, 7, 561-569.
- [6] Ballolli U., Malagi U., Yenagi N., Orsat V., Gariepym Y.: Development and quality evaluation of foxtail millet *Setaria italica* (L.) incorporated breads. *J. Agric. Sci.*, 2014, 27 (1), 52-54.
- [7] Chandrasekara A., Shahidi F.: Bioactivities and antiradical properties of millet grains and hulls. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, 59, 9563-9571.
- [8] Fik M.: Czerstwienie pieczywa i sposoby przedłużania jego świeżości. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, 2 (39), 5-22.
- [9] Gambuś H., Zięć G., Gibiński M., Pastuszka D., Nowakowski K.: Wykorzystanie resztkowej mąki owsianej do wypieku chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2011, 566, 49-60.
- [10] Gavurniková S., Havrlentová M., Mendel L., Čičova I., Bieliková M., Kraic J.: Parameters of wheat flour, dough and bread fortified by buckwheat and millet flours. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 2011, 57 (4), 144-153.
- [11] Hadimani N.A., Malleshi N.G.: Studies on milling, physico-chemical properties, nutritive composition and dietary fiber content of millets. *J. Food Sci. Technol.*, 1993, 30, 17-20.
- [12] ISO 6658:2017. Sensory analysis. Methodology. General guidance.
- [13] PN-EN ISO 8586:2014-03. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania wybranych oceniających i ekspertów oceny sensorycznej.
- [14] Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1983.
- [15] Karuppasamy P., Malathi D., Banumathi P., Varadharaju N., Seetharaman K.: Evaluation of quality characteristics of bread from kodo, little and foxtail millets. *Int. J. Food Nutr. Sci.*, 2013, 2 (2), 35-39.
- [16] Lange E.: Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, 3 (70), 7-24.
- [17] Litwinek D., Gambuś H., Zięć G., Sabat R., Wywrocka-Gurgul A., Berski W.: The comparison of quality and chemical composition of breads baked with residual and commercial oat flours and wheat flour. *J. Microb. Biotech. Food Sci.*, 2013, 2 (Special issue on BQRMF), 1734-1743.
- [18] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [19] PN-ISO 3972:2016-07. Analiza sensoryczna. Metodyka. Metody badania wrażliwości smakowej.
- [20] Ronda F., Ross Y.H.: Staling of fresh and frozen gluten-free bread. *J. Cereal Sci.*, 2011, 53, 340-346.
- [21] Sayed H.S., Sakr A.M., Hassan N.M.M.: Effect of pseudo cereal flours on technological, chemical and sensory properties of pan bread. *World J. Dairy Food Sci.*, 2016, 11 (1), 10-17.
- [22] Singh K.P., Mishra A., Mishra H.N.: Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. *J. Food Sci.*, 2012, 48 (2), 276-282.
- [23] Sobczyk M., Malon A.: Wpływ czasu zapiekania na jakość bułek kajzerek w technologii odroczonego wypieku. *Nauka Przyr. Technol.*, 2009, 3 (4), #147.
- [24] Sullivan P., O'Flaherty J., Brunton N., Arendt E., Gallagher E.: The utilization of barley middling's to add value and health benefits to white breads. *J. Food. Eng.*, 2011, 105 (3), 493-502.

**EFFECT OF MILLET FLOUR ADDITIVE ON BREAD QUALITY****S u m m a r y**

The objective of the research study was to determine the effect of millet flour additive on physical, mechanical, and organoleptic properties of wheat-millet bread assessed on the day of baking the bread and during storage.

The experimental material consisted of wheat bread and bread where a portion of wheat flour was replaced by wholegrain millet flour amounting to 15, 30 and 50 % of the wheat flour mass. Based on the mass of cold bread, the total baking loss was calculated. The bread volume was measured as were some mechanical properties of the crumb, such as: hardness, springiness, cohesiveness, chewiness, gumminess, and resilience using a penetration test with a TA.XT Plus Texture Analyzer. An organoleptic analysis of bread was also performed and changes in the mechanical properties of the bread crumb were examined during storage.

Compared to the wheat bread and the bread with the 15-percent content of millet flour, in the bread with the 30- and 50-percent content of millet flour, a smaller baking loss was found and, also, a smaller volume of loaves thereof was reported. The 15 and 30 % content of millet flour significantly impacted the decrease in crumb hardness during storage. Then again, the millet flour added in the amount of 30 and 50 % caused the following texture parameters of crumb to decrease: cohesiveness, gumminess, chewiness, and resilience. Based on the results of the organoleptic assessment and penetration test, it is possible to successfully recommend bread with the 15 % content of millet flour.

**Key words:** wheat-millet bread, quality of wheat-millet breads, mechanical properties of bread crumb, organoleptic assessment ☒