

## Ocena tekstury pieczywa mieszanego z dodatkiem mąki gryczanej

### Streszczenie

Celem pracy była ocena tekstury miększu pieczywa mieszanego z dodatkiem mąki gryczanej w ilości 10, 20, 30, 40 i 50% w 1, 3 i 5 dniu po wypieku. Podczas wykonywanych badań stwierdzono, że dodatek mąki gryczanej do 20% nie spowodował istotnych zmian reologicznych przechowywanego pieczywa mieszanego w stosunku do próby kontrolnej. Może on być stosowany do wypieku pieczywa w celu obniżenia indeksu glikemicznego i cholesterolu we krwi oraz wzbogacenia w niezbędne składniki mineralne. Jednak dodatek mąki gryczanej powyżej 30% spowodował znaczny wzrost twardości oraz istotne obniżenie się spoistości i sprężystości miększu pieczywa mieszanego podczas jego przechowywania.

**Słowa kluczowe:** tekstura, pieczywo mieszane, miększ, mąka gryczana

### Assessment of bread texture mixed with addition buckwheat flour

#### Summary

The aim of the study was to evaluate the texture of the crumb of bread mixed with the addition of buckwheat flour in the amounts of 10, 20, 30, 40 and 50% at 1, 3 and 5 days after baking. During the performed tests, it was found that the addition up to 20% of buckwheat flour did not cause significant changes in rheological stored mixed bread compared to the control. It can be used for baking bread in order to lower the glycemic index and cholesterol in the blood and enrichment in essential minerals. However, the addition of buckwheat above 30% resulted in a significant increase in hardness and a significant decrease in the cohesiveness and springiness of the crumb of mixed bread during storage.

**Key words:** texture, mixed bread, crumb, buckwheat flour

#### Wstęp

Podstawowym produktem zbożowym dostarczającym wielu cennych składników odżywczych dla organizmu człowieka jest chleb. Przeciętne miesięczne spożycie pieczywa wynosi od 7 do 8 kg na osobę. W ostatnich latach zauważono jednak tendencję wzrostową popularności pieczywa z udziałem dodatków funkcjonalnych w tym również mąk niechlebowych (Świdorski, 2003; Cacak-Pietrzak i in., 2013; Kopeć i Bać, 2013; Ziobro i in., 2013; Kopeć i Sokołowska 2015; Wronkowska i in., 2013).

Cechami przemawiającymi za stosowaniem mąk niechlebowych takich jak gryczana, ryżowa, kukurydziana czy amarantusowa do wypieku pieczywa jest całkowita bezglutenowość, wysoka wartość odżywcza i ich charakter zdrowotny. Udział tych mąk w pieczywie ma jednak wpływ na jego cechy reologiczne i sensoryczne (Czerwińska, 2010; Dermin i in., 2013; Dojczew i in., 2011).

Z żywieniowego punktu widzenia mąka gryczana stanowi cenne uzupełnienie mieszanek mąk chlebowych, ponieważ jest źródłem wysokiej zawartości błonnika, białka, wapnia, fosforu, magnezu, żelaza, potasu, cynku, miedzi, witamin z grupy B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> i PP (Czerwińska, 2010; Dziki i Laskowski, 2005).

Spożycie pieczywa z dodatkiem mąki gryczanej obniża indeks glikemiczny i poziom złego cholesterolu (LDL) we krwi. Ponadto składniki tej mąki działają profilaktycznie w leczeniu otyłości i zmniejszają ryzyko powstawania kamieni żółciowych (Czerwińska, 2010).

Mąka z obłuszczonych ziaren gryki w połączeniu z mąką pszenną (w odpowiednio dobranej proporcji) wykazuje lepsze możliwości ciastotwórcze. Różne mieszanki mąk z określonym udziałem mąki gryczanej odznaczają się wyższą wodochłonnością i przedłużają trwałość otrzymanego z nich pieczywa (Czerwińska 2010).

Stosowanie mąki gryczanej do wypieku pieczywa pszennego w stosunkowo niewielkim jej udziale nadaje mu miękkość tekstury i posmak gorzyczki charakterystyczny dla gryki (Czerwińska, 2010).

Badania tekstury przeprowadza się przy ocenie jakości żywności wynikającej z przetwarzania surowców, zmian w recepturach, zastosowanych sposobów utrwalania czy też wpływu czasu przechowywania (Różyło, 2009). Przeprowadzane są one przeważnie za pomocą metod sensorycznych (subietywnych) i instrumentalnych (obiektywnych). Niektórzy autorzy wspominają o istnieniu metod pośrednich związanych z badaniem cech chemicznych, wizualnych, elektrycznych oraz zmian powstałych w wyniku zamrażania i rozmrażania surowców i żywności (Hoser i in., 1978; Jarczyk i in., 1987; Bourne, 1982; Borowy i Kubiak, 2013; Płocharski i Konopacka, 1999).

Tekstura pieczywa zależna jest od jakości i ilości stosowanych składników, dodatków funkcjonalnych i należyte przeprowadzonych operacji technologicznych. Operacje wstępne takie jak przesiewanie, mieszanie, formowanie istotnie wpływają na otrzymanie prawidłowej tekstury pieczywa. Znaczącą rolę

odgrywa też typ mąki, a niekiedy dodatek składników strukturotwórczych (Borowy i Kubiak, 2013).

Badanie tekstury pieczywa wzbudza duże zainteresowanie wśród badaczy. W ostatnich latach podjęto badania wpływu różnych dodatków funkcjonalnych na tę cechę sensoryczną (Różyło i in., 2015; Borowy i Kubiak, 2013; Wróńska i in., 2013). Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki w artykule przedstawiono badania wpływu dodatku mąki gryczanej na teksturę pieczywa mieszanego.

### Cel i zakres badań

Celem badań było określenie wpływu dodatku mąki gryczanej na zmiany wybranych cech tekstury miększu pieczywa mieszanego w pierwszym dniu po wypieku i w czasie jego dalszego przechowywania.

### Materiał i metoda

Materiałem badawczym były chleby mieszane (mąka pszenna, typ 750 - 85 %, mąka żytnia, typ 720 - 15 %) z 10, 20, 30, 40 i 50 % udziałem mąki gryczanej. Mąkę gryczaną (wyprodukowaną przez Wytwórnę Artykułów Bezglutenowych „BEZGLUTEN” w Posądy) dodawano do mieszanek chlebowych zmniejszając ilość mąki pszennej. Ilość maki żytniej w mieszankach była stała. Wypieczono również chleby bez udziału mąki gryczanej 0 %, które stanowiły próbę kontrolną.

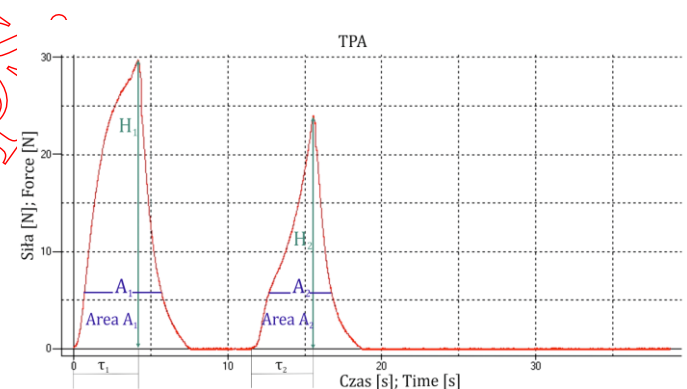
Wypiek pieczywa przeprowadzono metodą bezpośrednią w jednokomorowym piecu laboratoryjnym z komorą fermentacyjną Typ PEP-143 (wyprodukowany przez Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego w Bydgoszczy) w temperaturze 230°C przez 30 min. Cały proces prowadzenia i wypieku pieczywa zrealizowano zgodnie z instrukcją próbnego wypieku laboratoryjnego Instytutu Piekarnictwa w Berlinie (Jakubczyk i Haber, 1983). Ciasto o wydajności 160 % miesiono przez 3 minuty w młynarce laboratoryjnej (Sądkiewicz) typ GM-2 (obroty młynarek - 198 obr. · min<sup>-1</sup>, kierunek obrotów młynarek - dośrodkowy, obroty zespołu młynarek - 45 obr. · min<sup>-1</sup>). Czas fermentacji ciasta wynosił 1 godzinę, z przebiegiem po 30 minutach w młynarce laboratoryjnej. Masa kęsa przeznaczonego do wypieku wynosiła 400 g. Fermentację ciasta i fermentację końcową kęsów prowadzono w komorze fermentacyjnej w temperaturze 30°C i wilgotności względnej powietrza 75% - 80%.

Z każdej mieszanki o odpowiednich proporcjach mąki pszennej, żytniej i gryczanej wypieczono po 3 bochenki. Następnie wypieczone chleby wyjęto z form silikonowych i odstawiono w celu wystygnięcia na 24 godziny. Do analizy tekstury miększu pieczywa mieszanego z odpowiednim dodatkiem mąki gryczanej w pierwszym dniu wypieku brano po jednym bochenku (z 3 wypieczonych). Pozostałe dwa chleby przeznaczone do badania w 3 i 5 dniu po wypieku. Chleby te przechowywano w zamkniętych klipsem torebkach PE-LD z otworami. Przechowywano je w suchym i ciemnym miejscu (szafka kuchennej), w temperaturze 20°C.

Do pomiaru mechanicznych wskaźników tekstury miększu badanego pieczywa posłużono się teksturometrem TMS-Pro firmy Food Technology Corporation. Teksturometr podłączony był do komputera klasy PC z oprogramowaniem Texture Lab Pro, które rejestrowało wartości wybranych parametrów tekstury badanego pieczywa (Dolik i Szczepańska, 2012).

Ze środka kromek każdego wypieczonego chleba wycięto 6 próbek miększu w kształcie prostokąta o wymiarach podstawy 40 mm x 40 mm i wysokości 20 mm. Następnie wycięte próbki umieszczono pod płaską płytą ściskającą i poddano podwójnemu ściskaniu za pomocą testu TPA (test profilowej analizy tekstury ang. *Texture Profile Analysis*). Pierwszy cykl ściskania próbki wynosił 40% jej początkowej wysokości. Po zakończeniu pierwszego cyklu głowica wracała do punktu, w którym rozpoczęła się rejestracja siły ściskającej w pierwszym cyklu i natychmiast rozpoczynał się drugi cykl ściskania do tego samego poziomu odkształcenia, co w pierwszym cyklu. Oba cykle ściskania pojedynczych próbek prowadzono przy prędkości płyty ściskającej 1,67 mm · s<sup>-1</sup>. Za pomocą wyżej wymienionego oprogramowania rejestrowane były wyniki pomiarów również w postaci wykresów ściskanej próbki (Dolik i Szczepańska, 2012).

Na podstawie przeprowadzonych testów TPA (wykresy w układzie siła - czas przemieszczenia trzpienia), rysunek 1 określono następujące parametry tekstury miększu: twardość jako wielkość siły odpowiadającej wysokości pierwszego z pików  $H_1$  (N), sprężystość jako iloraz czasów  $\tau_2 \cdot \tau_1^{-1}$  (gdzie  $\tau_1$  to czas trwania pierwszego ścisku do momentu osiągnięcia maksymalnej wartości siły ściskającej a  $\tau_2$  czas trwania drugiego ścisku do momentu osiągnięcia maksymalnej wartości siły ściskającej), spoistość (kohezynność) jako iloraz pola powierzchni  $A_2 \cdot A_1^{-1}$  (gdzie  $A_1$  i  $A_2$  są to pola powierzchni odpowiednio pod pierwszym i drugim pikiem), gumowatość jako iloczyn twardości i spoistości (N) i żuwalność jako iloczyn gumowatości i sprężystości (N · mm).



Rys. 1. Przykładowy przebieg testu TPA dla badanego pieczywa

Fig. 1. An example of the TPA test for the tested bread

Dla wyżej wymienionych cech tekstury wyznaczono średnią arytmetyczną z 6 powtórzeń pomiarowych. Błąd standardowy obliczono według wzoru 1 na podstawie teorii estymacji przedziałowej w oparciu o rozkład testu *t*-Studenta dla przedziału istotności  $\alpha=0,05$  dla powtórzeń  $n=6$ .

$$\Delta = \pm \left( t_{\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (1)$$

gdzie:

$\sigma$  - odchylenie standardowe,

$t_{\alpha}$  - współczynnik rozkładu *t*-Studenta (dla  $\alpha = 0,05$  i  $n = 6$ )

$n$  - ilość pomiarów.

Obliczone słupki błędów zaznaczono graficznie na wykresach. Statystyczne opracowanie wyników badań przeprowadzono przy użyciu programu Excel 2007.

## Wyniki i dyskusja

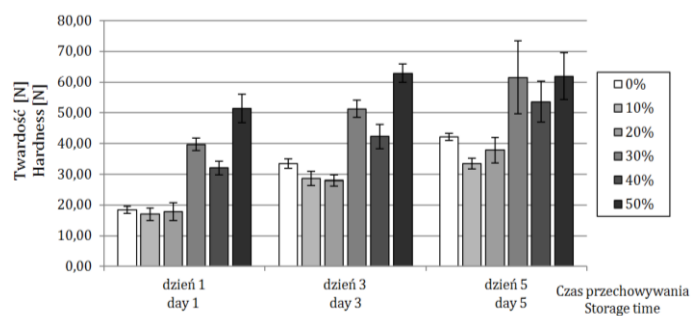
Na rysunku 2 przedstawiono wpływ dodatku mąki gryczanej i czasu przechowywania na twardość miększu pieczywa mieszanego.

Dodatek mąki gryczanej do 20% spowodował obniżenie twardości miększu pieczywa mieszanego w odniesieniu do próby kontrolnej w 1, 3 i 5 dniu po wypieku. Zauważalny wzrost tego wskaźnika nastąpił przy udziale 30, 40 i 50% mąki gryczanej.

Również Danuta Dojczew (2011) wykazała, że dodatek mąki gryczanej powyżej 30% spowodował wzrost twardości miększu pieczywa.

Według badań przeprowadzonych przez Dzikiego dodatek mąki gryczanej w ilości 10-40% do mąki pszennej w pierwszym dniu po wypieku miał istotny wpływ na wzrost twardości miększu pieczywa w odniesieniu do próby kontrolnej. Przy określonym udziale mąki gryczanej wzrost ten następował kolejno dla 10% o 55%, dla 20% o 71%, dla 30% o 209% i dla 40% o 325% (Dziki i Laskowski, 2005).

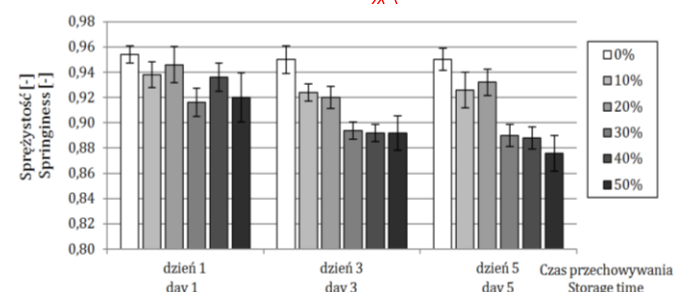
W swoich badaniach Moroni i Dal Bello (2011) stwierdzają, że twardość chleba gryczanego wzrosła w 2 dniu o 49% i 5 dniu o 89% w stosunku do pierwszego dnia po wypieku.



Rys. 2. Wpływ dodatku mąki gryczanej w [%] i czasu przechowywania na twardość miększu chleba mieszanego. Zestawienie poboru wody w obu systemach w ciągu 12 miesięcy

Fig. 2. The effect of buckwheat flour [%] and storage time on the hardness of the bread crumb mixed

Rysunek 3 przedstawia wpływ dodatku mąki gryczanej i czasu przechowywania na sprężystość miększu pieczywa mieszanego.



Rys. 3. Wpływ dodatku mąki gryczanej w [%] i czasu przechowywania na sprężystość miększu chleba mieszanego

Fig. 3. The effect of buckwheat flour [%] and storage time on the elasticity of the bread crumb mixed

Na podstawie uzyskanych wyników (rys. 3) dodatek mąki gryczanej 10 i 20% spowodował niewielkie zmniejszenie

sprężystości miększu pieczywa w pierwszym dniu po wypieku w stosunku do próby kontrolnej.

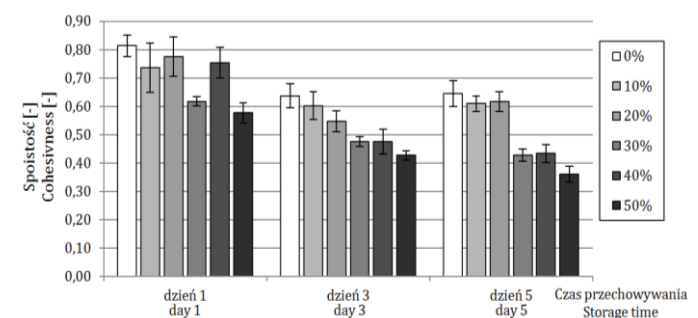
Dodatek w udziale 10, 20, 30, 40 i 50% w kolejnych dniach przechowywania (3 i 5 dzień) przyczynił się do dosyć znacznego obniżenia się sprężystości miększu pieczywa mieszanego w porównaniu do próby kontrolnej. Wrastający spadek sprężystości miększu pieczywa wraz z rosnącym dodatkiem mąki gryczanej spowodowany był zmniejszoną zawartością glutenu w mieszance wypiekowej jak i postępującym procesem czerstwienia.

Spoistość miększu pieczywa mieszanego (rys. 4) przy udziale mąki gryczanej 10, 20, 30, 40 i 50% malała w 1, 3 i 5 dniu po wypieku w odniesieniu do próby zerowej.

Pierwszego dnia po wypieku spoistość miększu malała odpowiednio dla dodatku mąki gryczanej: dla 10% o 9%, dla 20% o 4%, dla 30% o 24%, dla 40% o 8% i dla 50% o 27%. W trzecim dniu przechowywania zmniejszała się ona w odniesieniu do próby zerowej przy dodatku mąki gryczanej: dla 10% o 6%, dla 20% o 14%, dla 30 i 40% o 25% i dla 50% o 33%. W piątym dniu po wypieku spoistość miększu była najmniejsza i zmniejszała się, w odniesieniu do próby kontrolnej, wraz z dodatkiem mąki gryczanej (dla 10% o 6%, dla 20% o 5%, dla 30% i 40% o 34% oraz 50% o 45%).

Według badań prowadzonych przez Dzikiego i Laskowskiego (2005) udział mąki gryczanej od 10 do 40% w pieczywie pszennym (bezpośrednio po ostygnięciu) również skutkował zmniejszeniem spoistości miększu. Obniżenie to następowało kolejno dla dodatku mąki gryczanej: 10% o 77%, 20% o 85%, 30% o 69%, 40% o 63%.

Moroni i Dal Bello (2011) zbadali, że chleb gryczany bez dodatku zakwasu odznaczał się lepszą spoistością niż ten sam chleb z udziałem zakwasu (pierwszego dnia po wypieku).



Rys. 4. Wpływ dodatku mąki gryczanej w [%] i czasu przechowywania na spoistość miększu chleba mieszanego

Fig. 4. The effect of buckwheat flour [%] and storage time on the cohesiveness of the bread crumb mixed

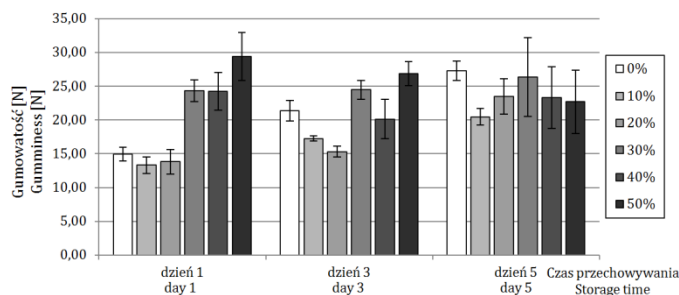
Odnotowano, że dodatek mąki gryczanej w ilości 10 i 20% w pierwszym dniu po wypieku nieznacznie wpłynął na obniżenie gumowatości miększu, rysunek 5. Zmniejszenie to nastąpiło dla dodatku mąki gryczanej odpowiednio dla: 10% o 11% i dla 20% o 8%. Z kolei istotny wzrost tej cechy tekstury wystąpił przy udziale mąki gryczanej 30% i 40% (o 60%) i 50% (o 90%) w odniesieniu do próby kontrolnej.

W trzecim dniu przechowywania zmniejszyła się gumowatość miększu pieczywa mieszanego dla dodatku mąki gryczanej w ilości 10% o 19%, 20% o 28% i 40% o 6% w porównaniu

z próbą kontrolną. Natomiast wzrost tego wskaźnika widoczny był przy dodatku mąki gryczanej 30% o 15% i 50% o 26%.

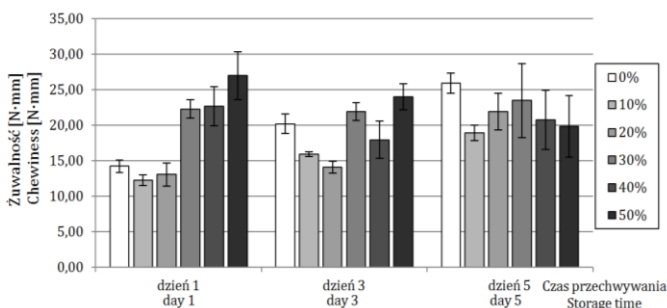
Niezależnie od procentowego dodatku mąki gryczanej w pieczywie w porównaniu z próbą kontrolną w piątym dniu przechowywania wystąpiło zmniejszenie gumowatości pieczywa. Dla dodatku mąki gryczanej 10% o 25%, dla 20% o 14%, dla 30% o 4%, dla 40% o 15% i dla 50% o 17%.

Badania prowadzone przez Dzikiego i Laskowskiego (2005) wykazały, że dodatek mąki gryczanej w ilości 10-40% do pieczywa pszenne (przeprowadzone bezpośrednio po wystygnięciu pieczywa) spowodował również wzrost gumowatości jego miększu w odniesieniu do próby kontrolnej. Wzrost ten był następujący w zależności od dodatku mąki gryczanej: dla 10% o 18%, dla 20% o 47%, dla 30% o 117,5% i dla 40% o 165%.



Rys. 5. Wpływ dodatku mąki gryczanej w [%] i czasu przechowywania na gumowatość miększu chleba mieszanego

Fig. 5. The effect of buckwheat flour [%] and storage time on the gumminess of the bread crumb mixed



Rys. 6. Wpływ dodatku mąki gryczanej w [%] i czasu przechowywania na żuwalność miększu chleba mieszanego

Fig. 6. The effect of buckwheat flour [%] and storage time on the chewiness of the bread crumb mixed

Podczas całego okresu przechowywania (1, 3 i 5 dzień po wypieku) żuwalność miększu pieczywa mieszanego (rys. 6) z udziałem mąki gryczanej w ilości 10 i 20 % uległa zmniejszeniu w odniesieniu do próby kontrolnej.

Istotny wzrost tego wskaźnika, w odniesieniu do próby kontrolnej, wystąpił dla miększu pieczywa mieszanego z dodatkiem mąki gryczanej wynoszącym 30% (o 57%), 40% (o 59%) i 50% (o 90%) w pierwszym dniu po wypieku. Trzeciego dnia po wypieku wzrost tej cechy był istotny statystycznie tylko dla 50% dodatku mąki gryczanej i wyniósł 19%.

Piątego dnia przechowywania pieczywa żuwalność miększu dla analizowanych dodatków mąki gryczanej malała odpowiednio dla 10% o 27%, dla 20% o 16%, dla 30% o 10%, dla 40% o 20% i dla 50% o 23%.

Według badań (Dziki i Laskowski, 2005) prowadzonych dla pieczywa pszenne z dodatkiem mąki gryczanej w ilości 10-40% stwierdzono narastający wzrost żuwalności miększu (po ostudzeniu pieczywa). Wzrost ten następował kolejno przy dodatku 10% o 17%, 20% o 43%, 30% o 121% i 40% o 207%. Różnice istotne statystyczne wystąpiły w przypadku 30% i 40% dodatku mąki gryczanej.

## Podsumowanie

1. Twardość miększu pieczywa mieszanego uległa znacznemu wzrostowi przy dodatku mąki gryczanej 30, 40 i 50% w odniesieniu do próby kontrolnej podczas przechowywania. Udział mąki gryczanej w ilości 10 i 20% nie wpłynął znacząco na tę cechę pieczywa.
2. Sprężystość i spoistość miększu zmniejsza się wraz ze wzrostem dodatku mąki gryczanej i czasem przechowywania. Zależność ta najbardziej widoczna była przy 30%, 40% i 50% dodatku mąki gryczanej, w odniesieniu do próby kontrolnej, trzeciego i piątego dnia po wypieku. Dodatek w ilości 10% i 20% nie miał znaczącego wpływu na te cechy tekstury.
3. Dodatek mąki gryczanej w ilości 10% i 20% wpłynął na obniżenie gumowatości i żuwalności miększu pieczywa mieszanego podczas przechowywania. Wzrost wartości tych cech wystąpił przy dodatku tej mąki w ilości 30%, 40% i 50% w pierwszym i trzecim dniu po wypieku. Największy spadek tych wskaźników zauważono przy 20% dodatku mąki gryczanej w pieczywie mieszanym w trzecim dniu przechowywania, a wzrost przy jej 50% udziale pierwszego dnia po wypieku.
4. Z przeprowadzonych badań wynika, że dodatek mąki gryczanej do 20% w małym stopniu wpływa na zmianę cech teksturalnych miększu pieczywa mieszanego w czasie przechowywania. Dlatego też dodatek mąki gryczanej do 20% może być stosowany bez obaw do receptur wypiekowych w celu obniżenia indeksu glikemicznego i wzbogacenia w cenne witaminy z grupy B, makro- i mikroelementy.

## Bibliografia

- Borowy, T., Kubiak, M. (2013). Właściwości sensoryczne pieczywa-część II. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 8, 10-11.
- Bourne, M.C. (1989). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Academic Press, New York.
- Cacak-Pietrzak, G., Ceglińska, A. (2013). Naturalne dodatki do pieczywa. *Przemysł spożywczy*, 67(6), 30-33.
- Czerwińska, D. (2010). Mąki niechlebne i ich zastosowanie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 54(5), 4-5.
- Dojczew, D., Sobczyk, M., Jabłońska, O. (2011). Wpływ dodatku mąki gryczanej na jakość pieczywa pszenne. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 558, 43-50.
- Dolik, K., Szczepańska, K. (2012). Wpływ dodatku inuliny na teksturę miększu pieczywa mieszanego. *Postępy techniki przetwórstwa spożywczego*, 2, 68-71.
- Dziki, D., Laskowski, J. (2005). Wpływ dodatku mąki gryczanej do mąki pszennej na wybrane cechy ciasta i miększu pieczywa. *Acta Agrophysica*, 6(3), 617-624.
- Hoser, A., Dobrzycki, J., Pietrzyk, E. (1978). Instrumentalne wskaźniki jakości tekstury świeżych i mrożonych jagód. *Przemysł Spożywczy*, 32(10), 380-382.
- Jakubczyk, T., Haber, T. (1983). *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. SGGW-AR, Warszawa. ISBN 8300018492.

- Jarczyk, A., Bekas, W., Koszarek, Z. (1987). Porównanie metody oceny tekstury mrożonych owoców na przykładzie malin i truskawek. *Chłodnictwo*, 11, 19-22.
- Kopeć, A., Bać, A. (2013). Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość chleba pszenżytniego. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 5(90), 142-153.
- Kopeć, A., Sokołowska, D. (2015). Ocena jakości pieczywa mieszanego z dodatkiem mąki gryczanej na podstawie liczby wartości pieczywa (LWP) według Dallmana. *XII Konferencja Studentów i Młodych Pracowników Nauki*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. ISBN 978-83-7365-405-1.
- Moroni, A.V., Dal Bello, F. (2011). Impact of sourdough on buckwheat flour, better and bread: Biochemical, rheological and textural insights. *Journal of Cereal Science*, 54, 195-202. [doi:10.1016/j.jcs.2011.04.008](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.04.008).
- Płocharski, W.J., Konopacka, D. (1999). The relation between mechanical and sensory parameters of apples. *Acta-Horticult*, 485, 309-318.
- Różyło, R., Dziki, D., Laskowski, J. (2009). Ocena cech tekstury chleba wykonanego z różnym udziałem wody. *Acta Agrophysica*, 13(3), 761-796.
- Różyło, R., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Cacak-Pietrzak, G., Miś, A., Rudy, S. (2015). Physical properties of gluten-free bread caused by water addition. *International Agrophysics*, 29, 353-364, [doi: 10.1515/intag-2015-0042](https://doi.org/10.1515/intag-2015-0042).
- Świderski, F. (2003). *Towaroznawstwo żywności przetworzonej*. Wydawnictwo SGGW. ISBN 83-7244-064-6.
- Wronkowska, M., Haros, M., Sorał-Smietana, M. (2013). Effect of Starch Substitution by Buckwheat Flour on Gluten-Free Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1820-1827, [doi: 10.1007/s11947-012-0839-0](https://doi.org/10.1007/s11947-012-0839-0).
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszcak, L., Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids* 32, 213-220. [doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.006](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.01.006).

**Adam Kopeć i Dorota Sokołowska**

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego,  
Politechnika Koszalińska,  
ul. Raławicka 15 - 17; 75 - 620 Koszalin  
e-mail: [adam.kopec@tu.koszalin.pl](mailto:adam.kopec@tu.koszalin.pl)  
e-mail: [dorota.sokolowska91@wp.pl](mailto:dorota.sokolowska91@wp.pl)