

ALEKSANDRA SADOWSKA, ANNA DIOWKSZ

WPLYW TRANSLUTAMINAZY NA OBJĘTOŚĆ WŁAŚCIWĄ I POROWATOŚĆ MIĘKISZU BEZGLUTENOWEGO CHLEBA GRYCZANEGO

Streszczenie

Pieczywo to podstawowy składnik codziennej diety. Dla chorych na celiakię tym podstawowym produktem jest chleb bezglutenowy, który w stosunku do pieczywa tradycyjnego charakteryzuje się mniejszą wartością odżywczą. Poszukuje się więc sposobów, aby tę wartość zwiększyć, a jednym z kierunków badań jest poprawa parametrów jakościowych pieczywa bezglutenowego dzięki wykorzystaniu preparatów enzymatycznych.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dodatku transglutaminazy (TG) o aktywności 5, 10, 15 U/100 g mieszanki, zawierającej w równych ilościach mąkę gryczaną i bezglutenową skrobię pszenną, na parametry jakościowe chleba bezglutenowego, w tym objętość właściwą pieczywa i porowatość miękiszu. Włączenie preparatu enzymatycznego do receptury ciasta wpłynęło na zmianę podstawowych parametrów wypiekowych pieczywa gryczanego – zwiększyła się wilgotność miękiszu chleba, a zmniejszyła się strata piecowa. Dodatek TG wywarł także korzystny wpływ na objętość właściwą pieczywa. Zaobserwowano istotne różnice już przy dawce 5 U TG/100 g mieszanki. Poprawiła się struktura porowata miękiszu – znacznie zwiększyła się liczba porów przypadająca na 10 cm² powierzchni kromki, stały się one cienkościenne i równomiernie rozmieszczone. Jednocześnie stwierdzono, że zwiększenie dawki enzymu do 15 U/100 g mieszanki nie było korzystne. W ocenie sensorycznej wskazano na dobrą akceptację pieczywa gryczanego. Również pod tym względem szczególnie wysoko oceniono próbę zawierającą 5 U TG/100 g mieszanki. Paneliści docenili wygląd przypominający konwencjonalne pieczywo oraz charakterystyczny dla ziarniaków gryki smak i zapach, co wyróżnia pieczywo gryczane wśród innych produktów bezglutenowych.

Słowa kluczowe: bezglutenowe pieczywo gryczane, transglutaminaza, objętość właściwa, porowatość miękiszu

Wprowadzenie

Celiakia jest chorobą wynikającą z nietolerancji glutenu. Należy do chorób genetycznych najczęściej występujących na świecie i może dotyczyć ok. 1 % populacji.

Mgr inż. A. Sadowska, dr hab. inż. A. Diowksza, prof. PL, Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Wydz. Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 171/173, 90-924 Łódź. Kontakt: aleksandra.sadowska@dokt.p.lodz.pl

Nietolerancja glutenu powoduje zaburzenia trawienia i wchłaniania pokarmu w jelicie cienkim. Celiakia jest aktywowana spożyciem białka glutenowego występującego naturalnie w produktach pochodzenia zbożowego, względnie celowo dodawanego w procesie produkcji lub dostającego się przypadkowo do produktów niezbożowych, np. w zakładzie przetwarzającym surowce zawierające białka glutenowe. Gluten zawiera toksyczne dla osób nadwrażliwych sekwencje aminokwasów, co wywołuje stany zapalne śluzówki jelit. Powodowany chorobą zanik kosmków jelitowych ogranicza wchłanianie substancji odżywczych i skutkuje niedoborami pokarmowymi. Obecnie jedyną skuteczną metodą leczenia tej choroby jest dożywotnia eliminacja z diety pokarmów zawierających gluten [3, 4, 7, 10].

Gluten odgrywa znaczącą rolę w tworzeniu struktury ciasta i kształtowaniu wyglądu pieczywa pszennego spożywanego w wielu rejonach świata [2, 9, 19, 21].

Bezglutenowe chleby są alternatywą dla pieczywa z surowców zbożowych zawierających białka glutenowe i stanowią niemałe wyzwanie dla piekarstwa. Dostępne na rynku chleby bezglutenowe często charakteryzują się suchym, kruszącym się miększem, umiarkowaną smakowitością i słabym aromatem oraz szybciej się starzeją [5, 9, 11, 21]. Tego typu pieczywo najczęściej wytwarzane jest ze skrobi bądź mieszanek mąk zawierającej w głównej mierze skrobie. W recepturze stosowane są hydrokoloidy i gumy zwiększające wiązanie wody, co pozwala na utworzenie piankowej struktury, która częściowo zastępuje rolę glutenu w bezglutenowych wyrobach piekarskich. Wciąż poszukuje się nowych rozwiązań technologicznych, które przy wykorzystaniu mąk bezglutenowych o dużej wartości odżywczej, pozwolą na uzyskanie wysokiej jakości pieczywa [6, 8].

Wykorzystanie preparatów enzymatycznych, takich jak transglutaminaza (TG), może poprawić strukturę, jak i ogólną jakość pieczywa bezglutenowego, dzięki modyfikacji białek poprzez sieciowanie. Kinetyka sieciowania białek przez enzym zależy od ich struktury i dostępności reszt lizyny i glutaminy, zatem dla dobrego efektu niezbędne jest dostarczenie odpowiedniego substratu w postaci surowca bogatego w te aminokwasy [10, 15, 17, 18].

W Europie gryka zyskuje na popularności, m.in. ze względu na status bezglutenowy. W porównaniu ze zbożami chlebowymi charakteryzuje się ponadto znacznie większą zawartością niezbędnych składników odżywczych. Mąka gryczana jest atrakcyjniejsza od mąki pszennej z uwagi na biodostępność i skład aminokwasowy białek. Białko ziarniaków gryki jest bogatym źródłem aminokwasów egzogennych, w tym lizyny, która dodatkowo stanowi substrat dla TG [12, 14, 16]. Ziarniaki cechuje ponadto duża zawartość błonnika pokarmowego, substancji bioaktywnych, jak również związków mineralnych.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu dodatku transglutaminazy (TG) na jakość bezglutenowego pieczywa gryczanego, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów takich, jak objętość właściwa chleba i porowatość mięksizu.

Material i metody badań

Wypiek pieczywa

Badaniom poddano bezglutenowy chleb gryczany przygotowany w warunkach laboratoryjnych z mąki gryczanej (Janex, Polska), skrobi pszennej bezglutenowej (Brenntag, Polska), drożdży prasowanych (Lallemand Sp z o.o., Polska), soli i cukru (pochodzących z lokalnego sklepu) oraz środka strukturotwórczego gumy guar 5000 cps (Brenntag, Polska). Ciasto przygotowywano zgodnie z recepturą przedstawioną w tab. 1. Transglutaminazę (Polselfia PMT Sp. z o.o., Polska) o aktywności preparatu 100 U/g dodawano w ilości [g/100 g mieszanki]: 0,05 (5 U TG), 0,10 (10 U TG) i 0,15 (15 U TG).

Tabela 1. Receptura bezglutenowego chleba gryczanego

Table 1. Gluten-free buckwheat bread recipe

Składnik Ingredient	Ilość zgodna z recepturą [g/100 g mieszanki] Quantity acc. to recipe [g/100 g of blend]	Ilość użyta do wypieku Quantity used in a batch [g]
Mąka gryczana / Buckwheat flour	50	400
Skrobia pszenna bezglutenowa Gluten-free wheat starch	50	400
Drożdże / Yeast	5	40
Sól / Salt	2	16
Cukier / Sugar	2	16
Woda / Water	75	600
Guma guar / Guar gum	3	24
Transglutaminaza / Transglutaminase*	0 (K) / 0,05 / 0,10 / 0,15	0 / 0,4 / 0,8 / 1,2

Objaśnienie / Explanatory note:

* 0,01 g = 1 U TG

Wszystkie składniki na ciasto mieszano mikserem Bosch, typ CNUM5ST (Bosch, Niemcy) przez 20 min przy szybkości 2 w skali 4-stopniowej, a następnie prowadzono rozrost w masie przez 40 min w temp. 28 °C. Kęsy ciasta o masie 300 g umieszczano w foremkach i prowadzono rozrost w 28 °C przez 40 min. Wypiek prowadzono w piecu (Polin, Verona, Włochy) w temp. 220 °C przez 40 min, z początkowym (10 s) zaparowaniem komory wypiekowej. Temperaturę komory wypiekowej obniżano do 180 °C,

gdy następowało lekkie koloryzowanie skórki. Gorący chleb ważono i pozostawiano do wystudzenia w temperaturze pokojowej przez 2 h. Następnie oceniano jakość chleba, w tym cechy sensoryczne [13].

Ocena jakości chleba

Uzyskane w wypieku laboratoryjnym chleby poddawano ocenie, na którą składały się: określenie całkowitej straty piecowej, objętości właściwej, wilgotności miększu, analiza tekstury oraz ocena punktowa.

Całkowitą stratę piecową, jak również wilgotność miększu chleba oznaczano zgodnie z PN-A-74108:1996 [13]. Objętość wystudzonych bochenków chleba określano za pomocą laserowego analizatora objętości Volscan Profiler 300 (Volscan, Wielka Brytania), stosując bezkontaktową metodę trójwymiarowej digitalizacji.

Porowatość miększu chleba oceniano przy użyciu programu komputerowego (IA) [20] umożliwiającego cyfrową analizę zdjęcia powierzchni kromki chleba. Chleby krojono krajalnicą na kromki o grubości 1 cm, a do analizy przeznaczano kromki ze środka bochenków.

Ocenę punktową chleba, zgodnie z PN-A-74108:1996 [13], przeprowadził 5-osobowy przeszkolony zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej.

Dane analizowano metodą jednoczynnikowej analizy wariancji (one-way ANOVA) przy użyciu pakietu oprogramowania do analizy statystycznej (Statistica 10, Statsoft). Wyniki przedstawiono jako wartości średnie z sześciu powtórzeń wraz z odchyleniem standardowym. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukeya ($p = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Wytworzenie struktury porowatej jest konieczne dla uzyskania akceptowanej przez konsumentów jakości pieczywa bezglutenowego. Reakcje transglutaminazy (TG) z różnymi białkami mogą wpłynąć na poprawę tekstury i cech sensorycznych pieczywa bezglutenowego [9, 19].

Dodatek TG w stosowanych dawkach wpłynął na zmniejszenie całkowitej straty wypiekowej bezglutenowego chleba gryczanego w porównaniu z próbą kontrolną (tab. 2). Należy to wiązać z zaobserwowanym wpływem enzymu na wzrost wilgotności miększu, co świadczy o lepszym związaniu wody przez składniki ciasta.

Mohammadi i wsp. [9] uzyskali wzrost wilgotności miększu pieczywa bezglutenowego przy dawce 10 U TG/g białka. Była to jednak dawka ok. 10-krotnie większa niż stosowana w niniejszej pracy, gdyż największa z dawek (15 U TG/100 g mieszanki) odpowiada 1,1 U TG/g białka. W przytoczonych badaniach odmienny był także skład surowcowy mieszanki mącznej, składającej się z mąki kukurydzianej, ryżowej bądź ziemniaczanej.

Podobnie, ze względu na odmienny skład surowcowy pieczywa bezglutenowego, które uzyskali Moore i wsp. [10], nie można bezpośrednio porównać wykazanego przez nich wpływu TG na całkowitą stratę piecową, jak i wilgotność miększu. Pomimo to w badaniach własnych stwierdzono analogiczne tendencje przy zastosowaniu dawek transglutaminazy zbliżonych do receptury wymienionych autorów (ok. 1 U/g białka). Wilgotność miększu chleba z TG była większa i jednocześnie zmniejszyła się strata piecowa. Według Moore i wsp. [10] duża zawartość lizyny w surowcu może sprzyjać tworzeniu aglomeratów białkowych pod wpływem działania TG, co może prowadzić do lepszego wiązania wody i indukować zwiększoną zdolność jej zatrzymywania.

Wykazano zwiększenie wilgotności miększu wraz ze wzrostem dawki enzymu (tab. 2). Jednak, jak wykazali Moore i wsp. [10], przy zbyt dużych dawkach TG brak jest takiego efektu.

Tabela 2. Parametry wypiekowe bezglutenowego chleba gryczanego z TG

Table 2. Baking characteristics of gluten-free bread with TG

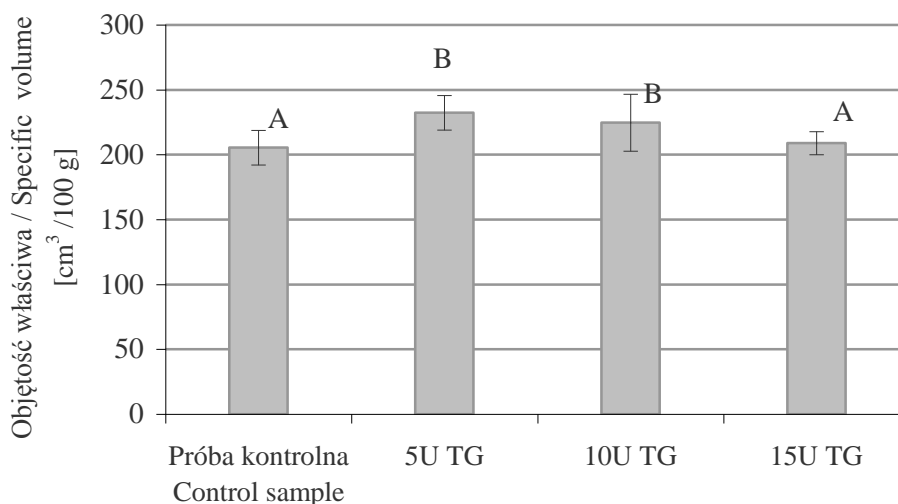
Próba Sample	Całkowita strata piecowa Total baking loss [%]	Wilgotność Moisture [%]
K	15,7 ^c ± 0,4	48,34 ^a ± 0,19
5 U TG	15,0 ^b ± 0,4	48,75 ^{ab} ± 0,36
10 U TG	14,5 ^a ± 0,4	48,75 ^{ab} ± 0,46
15 U TG	14,9 ^b ± 0,2	49,67 ^b ± 1,77

Objaśnienia / Explanatory notes:

K – próba kontrolna (bez dodatku TG) / control sample (with no TG added); 5 U TG, 10 U TG, 15 U TG – próby z dodatkiem TG, odpowiednio: 0,05, 0,10 i 0,15 g/100 g mieszanki / samples with added TG quantities: 0.05, 0.10 and 0.15 g/100 g of blend, respectively. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 6; a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy $p < 0,05$ / mean values in columns denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0.05$.

Dodatek TG do ciasta gryczanego wpłynął na: zwiększenie jego lepkości, zatrzymywanie CO₂ i poprawę rozrostu, co potwierdza wyniki badań Renzettiego i wsp. [15]. Wprowadzenie enzymu w dawce 5 i 10 U/100 g mieszanki istotnie zwiększyło objętość właściwą w porównaniu z próbą kontrolną (rys. 1). Jednak w próbach zawierających więcej enzymu niż 10 U/100 g mieszanki obserwowano zmniejszenie objętości właściwej względem innych badanych prób z TG. Prawdopodobnie bogaty skład surowca mógł przyczynić się do intensywniejszej reakcji sieciowania, nastąpiło nadmierne wzmocnienie struktury ciasta, przez co objętość była mniejsza, porównywalna z objętością chlebów kontrolnych. Na podstawie wyników badań innych autorów [14,

15, 18] można powiedzieć, że mąka gryczana zapewnia bardzo dobre środowisko dla aktywności transglutaminazy.



Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak pod tab. 2. / Meanings of symbols as in Tab. 2. Na rysunku przedstawiono wartości średnie (w postaci słupków) i odchylenia standardowe (w postaci odcinków) / Figure shows mean values (bars) and standard deviations (line segments); n = 6; A, B – 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. Objętość właściwa bezglutenowego chleba gryczanego ze zróżnicowaną dawką enzymu TG
Fig. 1. Specific volume of gluten-free buckwheat bread with diverse quantities of TG enzyme TG

Renzetti i wsp. [15] wykazali znaczne zmniejszenie objętości chleba przy dodatku większym niż 10 U TG/g białka. Smerdel i wsp. [19] zaobserwowali wzrost objętości właściwej pieczywa po dodaniu do mieszanki mącznej (mąki: kukurydziana – 30 %, ziemniaczana – 30 %, ryżowa – 15 % i gryczana – 15 %) transglutaminazy w dawce 10 U/g białka. Wykazali, że już 15-procentowy dodatek mąki gryczanej zwiększał efektywność TG ze względu na dużą zawartość lizyny w surowcu.

W badaniach własnych w recepturze chleba stosowano 50 % mąki gryczanej i stanowiła ona główne źródło białka. Przy niewielkiej dawce enzymu (0,10 g TG/100 g mieszanki), co odpowiadało zaledwie 0,75 U TG/g białka, uzyskano podobne efekty jak w pracy Smerdela i wsp. [19].

Dłużewska i wsp. [3] włączyli TG do receptury chleba bezglutenowego w dawkach 1 i 10 U/g białka, dzięki czemu uzyskali zwiększenie objętości pieczywa. W ich doświadczeniu źródłem białka była mąka ryżowa i izolat białek sojowych. Podobny

efekt uzyskano w niniejszej pracy przy wykorzystaniu mąki gryczanej i dodatku TG w ilości: 5 i 10 U/100 g mieszanki, co stanowiło ok. 0,4 i 0,75 U/g białka.

Objętość właściwa pieczywa jest skorelowana z porowatością jego miękiszu. Modyfikacja ciasta przez enzymy przyczynia się do zmiany struktury białkowej i tworzy sieć, która wpływa na strukturę miękiszu pieczywa oraz jego objętość [18, 19].

Na podstawie wyników analizy zdigitalizowanych obrazów kromek chleba wykazano istotne różnice wielkości porów w zależności od zastosowanej dawki TG (tab. 3). Dodatek 5 U TG/100 g mieszanki pozwolił uzyskać stosunkowo małe, równomierne pory i jednocześnie największą objętość bochenka w porównaniu z próbą kontrolną. Przy takim dodatku została zarejestrowana również największa liczba porów na 10 cm² z małą średnią ich wielkością, co wskazuje na widoczną poprawę struktury miękiszu bezglutenowego chleba gryczanego.

Tabela 3. Porowatość miękiszu bezglutenowego chleba gryczanego

Table 3. Porosity of gluten-free buckwheat bread crumb

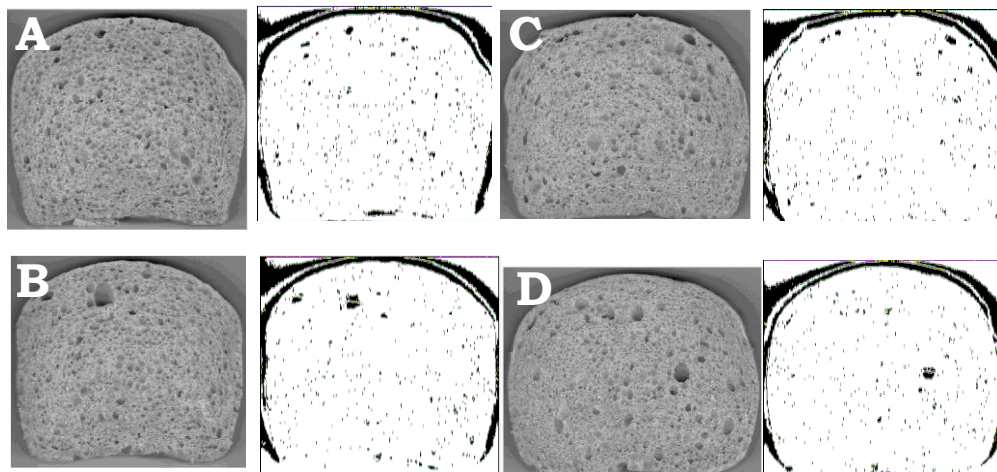
Próba Sample	Całkowita liczba porów [szt./10 cm ²] Total number of pores [pc./10 cm ²]	Średnia wielkość porów Average size of pores [cm ²]	Stosunek całkowitej powierzchni porów do powierzchni kromki Total area of pores to slice surface ratio [%]
K	205,9 ± 6,3	0,005	17,2
5 U TG	253,4 ± 17,4	0,005	17,1
10 U TG	208,9 ± 6,4	0,005	17,2
15 U TG	197,7 ± 12,4	0,018	19,2

Objaśnienia / Explanatory notes:

Wartość średnia ± odchylenie standardowe trzech powtórzeń dla porowatości miękiszu.

Mean value ± standard deviation of three replicates for crumb porosity.

Pozytywny wpływ dodatku TG zaobserwowali również Gallagher i wsp. [4] oraz Dłużewska i wsp. [3]. Struktura miękiszu stanowi ważną cechę przy definiowaniu jakości chleba. Uzyskane wyniki struktury miękiszu (fot. 1) są zbieżne z wynikami Alvarez-Jubete i wsp. [1]. Zbliżony skład mieszanki mącznej (mąki: ryżowa – 50 %, gryczana – 50 %), jak w badaniach własnych, umożliwiło porównanie wyników. Po przebadaniu chleba o 50-procentowej zawartości mąki gryczanej w recepturze wymienieni autorzy wykazali pozytywny wpływ dodatku TG na strukturę miękiszu.



Objaśnienia / Explanatory notes:

A – próba kontrolna / control sample; B – 5 U TG; C – 10 U TG; D – 15 U TG.

Fot. 1. Zdigitalizowane obrazy kromek bezglutenowego chleba gryczanego

Photo 1. Digitalised images of gluten-free buckwheat bread slices

Tabela 4. Ocena punktowa bezglutenowego chleba gryczanego

Table 4. Score-based assessment of gluten-free buckwheat bread

Parametry jakościowe Quality parameters		Wynik / Score			
		K	5 U TG	10 U TG	15 U TG
Wygląd zewnętrzny External appearance		3,2	4,7	4,5	4,1
Skórka Crust	Barwa / Colour	2,4	3	3	2,8
	Grubość / Thickness	3	4	4	3,6
	Pozostałe cechy Other features	2,2	4	4	3
Miękiśz Crumb	Elastyczność / Resilience	3,2	3,6	3,4	4
	Porowatość / Porosity	2,4	2,6	2,4	2,4
	Pozostałe cechy Other features	2	2,8	2,5	2,8
Smak i zapach / Flavour		4	5,6	5	4,4
Parametry fizykochemiczne Physico-chemical parameters	Objętość Volume	1	1	1	1
	Wilgotność Moisture	2	2	2	2
	Kwasowość Acidity	3	3	3	3
Suma punktów / Total score ($\bar{X} \pm SD$)		28,4 ± 0,8	36,3 ± 1,1	34,8 ± 1,1	33,1 ± 0,9
Poziom jakości / Quality level		III	I	II	II

Objaśnienia / Explanatory notes:

$\bar{X} \pm SD$ – wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation.

Chleby uzyskane w badaniach własnych zostały wysoko ocenione pod względem cech sensorycznych (tab. 4). Ogólny wygląd i większość cech bezglutenowego chleba gryczanego (grubość i barwa skórki, porowatość i elastyczność miękiszu) były akceptowane i wysoko punktowane przez oceniających, co wskazuje, że chleb może zyskać uznanie wśród konsumentów. Chleb z dodatkiem 5 U TG uzyskał największą liczbę punktów za wygląd zewnętrzny. Szczególnie wysoko oceniono także smak i zapach pieczywa. Udział mąki gryczanej w ilości 50 % nadał charakterystyczny i intensywny aromat tego surowca, dzięki czemu chleb wyróżniał się spośród innych produktów bezglutenowych. Dodatek transglutaminazy wpłynął korzystnie na jakość również pozostałych ocenianych parametrów. Na tej podstawie bezglutenowy chleb gryczany z 5 U TG/100 g mieszanki został zaklasyfikowany do I poziomu jakości w IV-stopniowej skali.

Wnioski

1. Dodatek transglutaminazy do bezglutenowej mieszanki zawierającej 50 % mąki gryczanej wpłynął na wzrost wilgotności miękiszu chleba i zmniejszenie całkowitej straty piecowej.
2. Dodatek transglutaminazy do mieszanki bezglutenowej w dawkach 5 i 10 U/100 g powodował wzrost objętości chleba względem próby kontrolnej. Jednocześnie dawka 5 U enzymu wpłynęła na poprawę porowatości miękiszu poprzez zwiększenie liczby małych, cienkościennych i równomiernie rozmieszczonych porów.
3. Akceptacja bezglutenowego chleba gryczanego była duża, co wykazano w przeprowadzonej analizie sensorycznej. Wysoko oceniono wygląd bochenków przypominający pieczywo pszenne, a także smak i zapach. Najwyżej oceniono bezglutenowy chleb gryczany z 5 U TG/100 g mieszanki.

Literatura

- [1] Alvarez-Jubete L., Auty M., Arendt E.K., Gallagher E.: Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *Eur. Food Res. Technol.*, 2010, 230, 437-445.
- [2] Dłużewska E., Marciniak-Lukasiak K., Kurek N.: Effect of transglutaminase additive on the quality of gluten-free bread. *Cyta-J. Food*, 2015, 13 (1), 80-86.
- [3] Dłużewska E., Marciniak-Lukasiak K.: Właściwości teksturalne pieczywa bezglutenowego. *Acta Agrophys.*, 2014, 21 (4), 433-443.
- [4] Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K.: Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J. Food Eng.*, 2003, 56, 153-161.
- [5] Gambuś H., Sikora M., Ziobro R.: The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2007, 6 (3), 61-74.
- [6] Houben A., Hechstetter A., Becker T.: Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: An overview. *Eur. Food Res. Technol.*, 2012, 235, 195-208.

- [7] Marston K., Khouryieh H., Aramouni F.: Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment. *Food Sci. Technol. Int.*, 2015, 21 (8), 631-640.
- [8] Masure H.G., Fierens E., Delcour J.A.: Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. *J. Cereal Sci.*, 2016, 67, 92-111.
- [9] Mohammadi M., Azizi M.H., Neyestani T.R., Hosseini H., Mortazavian A.M.: Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *J. Ind. Eng. Chem.*, 2015, 21, 1398-1402.
- [10] Moore M.M., Heinbockel M., Dockery P., Ulmer H.M., Arendt K.: Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal. Chem.*, 2006, 83, 28-36.
- [11] Onyango C., Mutungi Ch., Unbehend G., Lindhautuer M.G.: Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. *J. Food Eng.*, 2010, 97, 465-470.
- [12] Piecyk M., Worobiej E., Turoś J., Ostrowska-Liżęza E.: Właściwości i strawność *in vitro* skrobi gryczanej w porównaniu ze skrobią pszenną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2017, 1 (110), 89-100.
- [13] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [14] Renzetti S., Berh J., Vogel R.F., Arendt E.K.: Transglutaminase polymerisation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) proteins. *J. Cereal Sci.*, 2008, 48, 747-754.
- [15] Renzetti S., Dal Bello F., Arendt E.K.: Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *J. Cereal Sci.*, 2008, 43, 33-45.
- [16] Sadowska A., Diowisz A.: Gryka – alternatywny surowiec w piekarstwie. *Przeg. Zboż. Młyn.*, 2018, 5, 10-14.
- [17] Sadowska A., Diowisz A.: Właściwości transglutaminazy i jej rola w piekarstwie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2016, 5 (108), 9-17.
- [18] Shin M., Gang D., Song J.: Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Sci. Biotechnol.*, 2010, 19 (4), 951-956.
- [19] Smerdel B., Pollak L., Novotni D., Čukelj N., Benković M., Lušić D., Čurić D.: Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. *J. Food Nutr.*, 2012, 51 (4), 242-253.
- [20] Stejkowski P.: Zastosowanie technik informatycznych w kontroli jakości środków spożywczych. Praca inżynierska. Politechnika Łódzka, Łódź 1999.
- [21] Torbica A., Hadnadev M., Dapcevic T.: Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hyd.*, 2010, 24, 626-632.

EFFECT OF TRANSGLUTAMINASE ON SPECIFIC VOLUME AND CRUMB POROSITY OF GLUTEN-FREE BUCKWHEAT BREAD

S u m m a r y

Bread is a basic ingredient of daily diet. For patients with celiac disease this basic product is gluten-free bread, however compared to the traditional bread, the gluten-free bread is characterised by a lower nutritional value. Thus new methods are sought to increase this value and one of the research lines is to improve the quality parameters of gluten-free bread by using enzyme preparations.

The objective of the research study was to assess the effect of adding transglutaminase (TG), its activity being 5, 10 and 15 U/100 g of blend, to a flour blend containing equal quantities of buckwheat flour and

gluten-free wheat starch, on the quality parameters of gluten-free bread including specific volume of bread and crumb porosity. When incorporated into the dough recipe, this enzyme preparation affected the basic baking parameters of buckwheat bread; namely it caused the bread crumb moisture to increase and the bake loss to decrease. The TG additive had also a beneficial effect on the specific volume of the bread. Significant differences were reported already at a dose of 5 U TG/100 g of blend. The porous structure of crumb was improved; the number of pores per 10 cm² of slice surface increased; those pores became thin-walled and equally distributed. At the same time it was found that that increasing the added quantity of TG to 15 U/100 g of blend was not useful. The sensory analysis showed that the buckwheat bread was well accepted. Also a sample with 5 U TG/100 g of blend was rated particularly high in terms of its acceptance. The panellists appreciated the appearance of the baked buckwheat bread resembling the conventional bread; they also appreciated the characteristic for buckwheat taste and aroma differentiating buckwheat bread from other gluten-free products.

Key words: gluten-free buckwheat bread, transglutaminase, bread specific volume, crumb porosity 