

WŁAŚCIWOŚCI TEKSTURALNE PIECZYWA BEZGLUTENOWEGO

Elżbieta Dłużewska, Katarzyna Marciniak-Łukasiak

Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych,
Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa
e-mail: katarzyna_marciniak_lukasiak@sggw.pl

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu składu recepturowego na teksturę pieczywa bezglutenowego. Podstawowymi surowcami pieczywa bezglutenowego były mąka ryżowa i skrobia ziemniaczana. Do chlebów dodawano 1% gumy ksantanowej. Badano wpływ dodatku izolatu białka sojowego w ilości od 3 do 7%, oraz transglutaminazy w ilości, 1, 5 i 10 j.u. na właściwości fizyczne chlebów bezglutenowych. Oznaczano masę właściwą i porowatość miękkiszu chlebów oraz wilgotność po 24 i 48 godzinach od wypieku. Przeprowadzono analizę profilową tekstury (TPA), oznaczając twardość, sprężystość, spoistość i zujność miękkiszu pieczywa. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dodatek białek sojowych wywarł korzystny wpływ na teksturę pieczywa bezglutenowego. Wykazano, że optymalny dodatek białek wynosił 5%. Dodatek transglutaminazy do pieczywa zawierającego białka sojowe poprawił właściwości teksturalne. Częściowa substytucja (50%) wody mlekiem korzystnie wpłynęła na teksturę próbek zawierających izolowane białka sojowe i transglutaminazę.

Słowa kluczowe: pieczywo bezglutenowe, transglutaminaza, białka sojowe, białka mleka

WSTĘP

Celiakia jest chronicznym stanem złego wchłaniania składników pokarmowych wywołanym uszkodzeniem błon jelita cienkiego przez gluten. Schorzenie to można scharakteryzować jako silną immunologiczną reakcję na szczególną sekwencję aminokwasów obecnych we frakcjach prolamin pszenicy, jęczmienia i żyta (Fasano i Catassi 2001). Zatem spożywanie glutenu przez osoby nadwrażliwe prowadzi do zaburzeń procesów trawienia i wchłaniania, a w konsekwencji m.in. do niedoboru składników pokarmowych oraz zahamowania rozwoju i wzrostu organizmu (McCarthy 2005). Skuteczną metodą leczenia celiakii jest stosowanie diety niezawierającej glutenu (Kunachowicz i in. 1996).

Gluten jest głównym komponentem białka pszenicy decydującym o wartości technologicznej mąki, gdyż decyduje o takich właściwościach fizycznych ciasta jak: elastyczność, sprężystość i plastyczność (Shewry i Tatham 1997).

W ostatnich latach prowadzonych jest wiele badań nad poprawą struktury i trwałości pieczywa bezglutenowego. Stosowane są różne kombinacje skrobi, hydrokoloidów i białek nieglutenowych w celu zastąpienia glutenu, spełniającego rolę czynnika strukturotwórczego pieczywa (Gallagher i in. 2004). Polisacharydowe hydrokoloidy takie jak guma ksantanowa, mączka chleba świętojańskiego, guma guar, pektyny, celuloza oraz ich mieszaniny, są stosowane jako czynnik tworzący strukturę i teksturę pieczywa bezglutenowego. Między innymi Lazariidou i in. (2007) wykazali, że dodatek gumy ksantanowej do pieczywa bezglutenowego znacząco poprawia elastyczność miękkiszu chleba, dodatek β -glukanu poprawia objętość i porowatość, natomiast zastosowanie mieszaniny CMC i pektyn korzystnie wpływa na wszystkie wyżej wymienione cechy. Ahlborn i in. (2005) stwierdzili, że mieszanina białek ryżu, tapioki i mleka z gumą ksantanową i HPMC wraz ze skrobią może utworzyć matrycę podobną do matrycy glutenowej. Gambus i in. (2001), dodając do chlebów bezglutenowych, zawierających skrobię ziemniaczaną i kukurydzianą, gumę guar i pektyny, wykazali, że mieszanina tych gum korzystniej wpływa na teksturę chleba niż pojedyncze hydrokoloidy.

Ze względu na swój skład recepturowy produkty bezglutenowe charakteryzują się mniejszą wartością odżywczą, w porównaniu z ich tradycyjnymi odpowiednikami (Gallagher i in. 2003). Stąd ważnym problemem jest nie tylko poprawa cech fizycznych i sensorycznych pieczywa bezglutenowego ale również jego wartości odżywczej. Gambus i in. (2002) zastępując skrobię kukurydzianą mąką z amarantusa znacząco zwiększyli zawartość białka i błonnika w chlebie bezglutenowym. Dodatek izolowanych białek sojowych również zdecydowanie poprawia wartość odżywczą chleba bezglutenowego, wpływając jednocześnie korzystnie na jego cechy fizyczne (Marciniak-Lukasiak i in. 2010).

Enzym transglutaminaza (TGaza) wykazuje zdolność sieciowania białek (Kuraishi i in. 2001) oraz zatrzymywania wody (Li et al 2013). Zastosowanie TGazy w produkcji pieczywa bezglutenowego w połączeniu z białkami i hydrokoloidami powoduje poprawę właściwości reologicznych ciasta (Gujral i Rosell 2004, Song i Shin 2007, Shin i in. 2010).

Celem pracy było określenie wpływu dodatku transglutaminazy i białek sojowych na teksturę chlebów wypieczonych z koncentratów pieczywa bezglutenowego.

MATERIAŁ I METODY

Do produkcji chleba bezglutenowego użyto skrobię ziemniaczaną i mąkę ryżową. W każdej próbie zastosowano te same ilości drożdży, soli i cukru. Jako

dotądki kształtujące strukturę zastosowano gumę ksantanową (Klucel, typ M CS), izolat białek sojowych (SPI 739) (Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska Ostrowia) oraz transglutaminazę (Brenntag Polska sp. z o.o.) (tab. 1). Białka sojowe dodawano w ilości 3,5 i 7 % kosztem skrobi ziemniaczanej, natomiast transglutaminazę w ilości 1 i 10 U·g⁻¹ białka.

Tabela 1. Skład koncentratu chleba bez-glutenowego

Table 1. The composition of the gluten-free bread concentrate

Składnik Ingredient	Zawartość
	g·(100 g koncentratu) ⁻¹ Amount g (100 g concentrate) ⁻¹
Skrobia ziemniaczana Potato flour	60
Mąka ryżowa Rice flour	27
Białko sojowe Soy protein	3,0
Drożdże Yeast	2,4
Sól Salt	2,0
Glukoza Glucose	4,6
Guma ksantanowa Xanthan gum	1,0

W celu otrzymania ciasta do koncentratu dodawano wodę lub wodę i mleko (3,2% tłuszczu). Ciasto wytwarzano mikserem przez 5 minut. Następnie pozostawiano w plastikowych miskach na 30 minut w temperaturze 40°C. Po upływie tego czasu ciasto przekładano do form i pozostawiano na 10 minut. Proces pieczenia prowadzono w piecu konwekcyjno-parowym UNOX (typ – XBC, model XBC 404) w temperaturze 175°C, przez 23 minuty, przy trzecim stopniu zaparowania. Po wystudzeniu chleby były przechowywane w woreczkach polietylenowych w celu wykonania analiz po upływie 24 i 48 godzinach od wypieku. Z jednego koncentratu wypiekano dwa chleby. Wszystkie analizy wykonano w dwóch powtórzeniach.

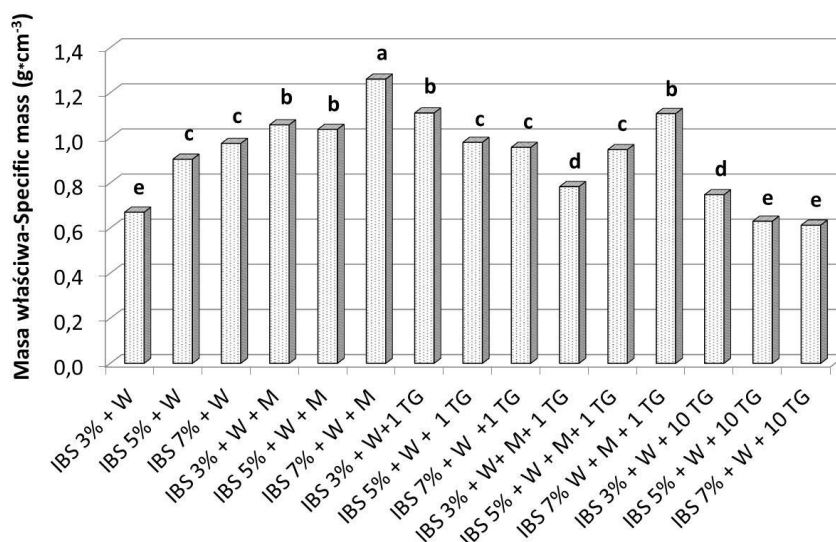
Objętość chleba była mierzona metodą wypierania nasion rzepaku 10-05 (AACC International, 2000). Wilgotność chleba została oznaczona zgodnie z przyjętą metodą 44-15A (AACC International 2000). Porowatość miękkiszu oceniano na podstawie różnicy pomiędzy objętością oleju w cylindrze przed i po wrzuceniu kuleczek chleba po usunięciu z nich powietrza.

Do pomiaru twardości miękkiszu zastosowano analizator tekstury TA-XT2 (Stable Micro System 1997). Kromki chleba o grubości 20 mm były wycinane ze środka analizowanych chlebów i poddawane testowi podwójnego ściskania. Do pomiaru zastosowano przystawkę w kształcie cylindra o średnicy 25 mm. Pomiaru wykonywano przy szybkości przemieszczania głowicy 1 mm·s⁻¹ i penetracji próbki do głębokości 9 mm z siłą 250 N, w pięciu powtórzeniach. Analizę wilgotności oraz twardości miękkiszu wykonano po 24 i 48 godzinach od wypieku, w dwóch powtórzeniach.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej stosując program Statgraphics Plus 4.1. Różnice między średnimi oszacowano przy użyciu jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Najmniejszą istotną różnicę określono za pomocą testu Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Podstawowymi składnikami koncentratów pieczywa bezglutenowego były skrobia ziemniaczana i mąka ryżowa, jako dodatek strukturotwórczy zastosowano gumę ksantanową. W celu otrzymania ciasta do koncentratów dodawano wodę lub wodę i mleko (220 ml i 130 ml). Substytucja wody mlekiem w 50%, spowodowała wzrost masy właściwej pieczywa, mniejszą objętość i w przypadku próbek otrzymanych z koncentratów zawierających 3% białek sojowych wzrost porowatości miękiszu pieczywa (rys. 1-3).



Rys. 1. Średnie wartości masy właściwej pieczywa bezglutenowego; IBS – izolat białka sojowego, W – woda, M – mleko, TG – transglutaminaza; (a) – (e) – wartości średnie oznaczone różnymi literami, różnią się istotnie statystycznie ($\alpha = 0,05$)

Fig. 1. Mean values of specific mass of gluten free bread; IBS – soya protein isolate, W – water, M – milk, TG – transglutaminase; (a) to (e) – average values marked with different letters differ statistically significantly ($\alpha = 0.05$)

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w wartościach wilgotności pieczywa z udziałem i bez udziału mleka, po 24 i 48 godzinach przechowywania. Natomiast w pomiarach parametrów tekstury stwierdzono większy wpływ na twardość, spoistość, sprężystość i żujność miękiszu pieczywa ilości dodatku białek sojowych

niż dodatku mleka (tab. 2). Tak więc wykazano brak korzystnego wpływu mleka na poprawę właściwości pieczywa bezglutenowego. Niemniej, spodziewając się sieciowania białek mleka przez TGazę w dalszych badaniach wypiekano chleby zarówno z samą wodą, jak i mieszaniną wody i mleka oraz dodatkiem enzymu.

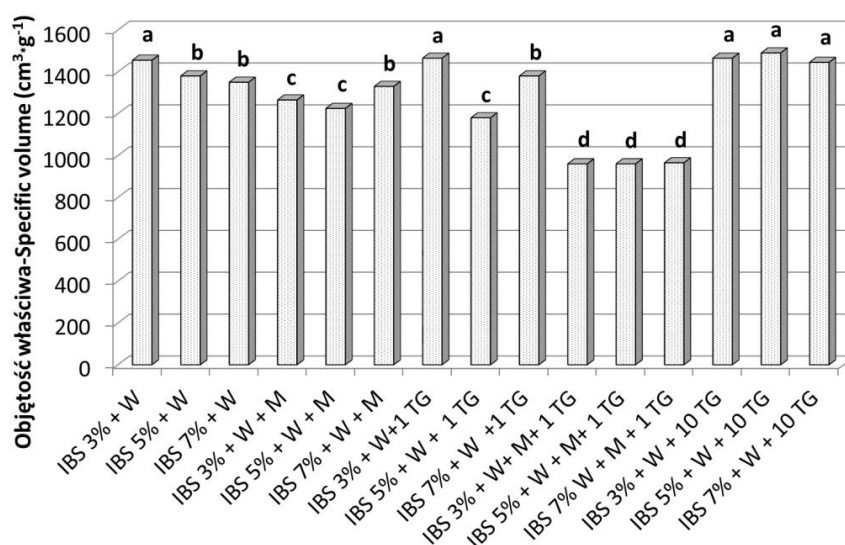
Tabela 2. Parametry tekstury mięksiszu chleba bezglutenowego

Table 2. Parameters of texture of gluten-free bread crumb

	Twardość Hardness (N)		Spoistość Elasticity (-)		Sprężystość Springiness (-)		Żujność Chewiness (N)	
	po 24 godz	po 48 godz	po 24 godz	po 48 godz	po 24 godz	po 48 godz	po 24 godz	po 48 godz
IBS 3% + W	12,51 ± 0,51	23,62 ± 1,88	0,21 ± 0,02	0,32 ± 0,03	0,48 ± 0,05	0,40 ± 0,04	1,18 ± 0,11	2,00 ± 0,24
IBS 5% + W	21,92 ± 1,97	28,14 ± 1,15	0,19 ± 0,05	0,25 ± 0,08	0,43 ± 0,03	0,39 ± 0,06	1,46 ± 0,17	2,42 ± 0,38
IBS 7% + W	15,19 ± 1,99	21,78 ± 1,37	0,21 ± 0,04	0,28 ± 0,09	0,47 ± 0,02	0,39 ± 0,06	1,31 ± 0,21	2,27 ± 0,27
IBS 3% + W + M	23,04 ± 0,98	29,73 ± 1,05	0,12 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,35 ± 0,04	0,40 ± 0,04	0,74 ± 0,23	1,43 ± 0,35
IBS 5% + W + M	16,85 ± 1,08	23,41 ± 1,31	0,15 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,41 ± 0,03	0,36 ± 0,06	0,90 ± 0,09	1,93 ± 0,30
IBS 7% + W + M	40,63 ± 1,62	47,62 ± 1,43	0,14 ± 0,04	0,14 ± 0,04	0,43 ± 0,11	0,42 ± 0,08	1,51 ± 0,50	2,28 ± 0,48
IBS 3% + W + 1 TG	12,82 ± 1,53	17,83 ± 2,08	0,15 ± 0,01	0,18 ± 0,02	0,39 ± 0,12	0,40 ± 0,03	0,84 ± 0,32	1,54 ± 0,43
IBS 5% + W + 1 TG	18,77 ± 1,44	24,89 ± 1,90	0,20 ± 0,06	0,19 ± 0,07	0,47 ± 0,12	0,46 ± 0,03	1,58 ± 0,48	2,14 ± 0,47
IBS 7% + W + 1 TG	19,79 ± 1,81	27,98 ± 1,96	0,19 ± 0,02	0,21 ± 0,03	0,48 ± 0,03	0,47 ± 0,04	1,71 ± 0,13	2,18 ± 0,13
IBS 3% + W + M + 1 TG	26,03 ± 1,89	33,80 ± 1,82	0,15 ± 0,03	0,37 ± 0,10	0,51 ± 0,11	0,48 ± 0,02	1,99 ± 0,24	2,00 ± 0,38
IBS 5% + W + M + 1 TG	25,69 ± 1,66	34,00 ± 1,01	0,21 ± 0,07	0,18 ± 0,05	0,60 ± 0,14	0,52 ± 0,06	2,79 ± 0,34	2,58 ± 0,43
IBS 7% + W + M + 1 TG	30,82 ± 1,62	35,26 ± 1,06	0,14 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,51 ± 0,11	0,44 ± 0,05	2,29 ± 0,17	2,46 ± 0,38
IBS 3% + W + 10 TG	19,94 ± 1,38	19,59 ± 1,71	0,28 ± 0,14	0,22 ± 0,07	0,65 ± 0,12	0,42 ± 0,12	3,96 ± 0,26	4,49 ± 0,43
IBS 5% + W + 10 TG	16,99 ± 1,60	19,59 ± 1,71	0,14 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,31 ± 0,02	0,34 ± 0,03	0,88 ± 0,27	0,96 ± 0,26
IBS 7% + W + 10 TG	19,94 ± 1,93	21,53 ± 1,72	0,16 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,36 ± 0,04	0,39 ± 0,05	1,00 ± 0,35	1,27 ± 0,39

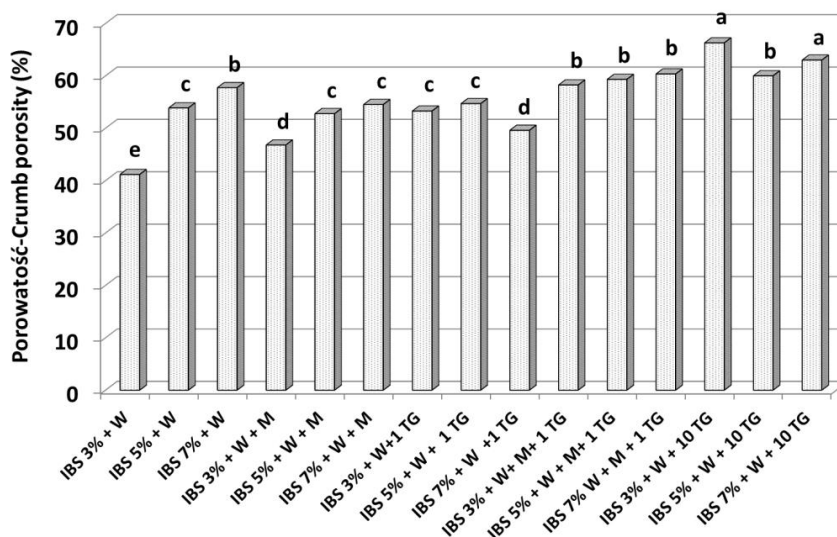
IBS – izolat białka sojowego, soya protein isolate; W – woda, water; M – mleko, milk, TG – transglutaminaza, transglutaminase.

We wcześniejszej pracy (Marciniak-Łukasiak i in. 2010) wykazano, że dodatek białek sojowych do pieczywa bezglutenowego korzystnie wpływa na jego teksturę. Natomiast w niniejszej pracy prześledzono wpływ ilości dodatku tych białek, zarówno w próbkach do których nie dodano, jak i w tych do których dodano TGazę, na cechy fizyczne pieczywa bezglutenowego. W próbkach z dodatkiem samej wody i bez dodatku enzymu wzrost zawartości białek sojowych w koncentratkach, w zakresie od 3% do 7%, spowodował wzrost masy właściwej, zmniejszenie objętości pieczywa, ale również korzystny wzrost porowatości mięksiszu. I tak porowatość mięksiszu próbek z najmniejszym udziałem białek sojowych wynosiła 41,2%, próbek otrzymanych z koncentratów z 3 i 7% udziałem białek sojowych odpowiednio: 53,9 i 57,8%. Wilgotność omawianych próbek pieczywa nie różniła się statystycznie istotnie. Istotny wzrost twardości i żuźności zaobserwowano w przypadku próbek o największej zawartości białek sojowych. W pieczywie otrzymanym z udziałem mleka dostrzeżono podobne zależności (rys. 1 – 4, tab. 2).



Rys. 2. Średnie wartości objętości właściwej pieczywa bezglutenowego; IBS – izolat białka sojowego, W – woda, M – mleko, TG – transglutaminaza; (a) – (d) – wartości średnie oznaczone różnymi literami, różnią się istotnie statystycznie ($\alpha = 0.05$)

Fig. 2. Mean values of specific volume of gluten free bread; IBS – soya protein isolate, W – water, M – milk, TG – transglutaminase; (a) to (d) – mean values marked with different letters differ statistically significantly ($\alpha = 0.05$)

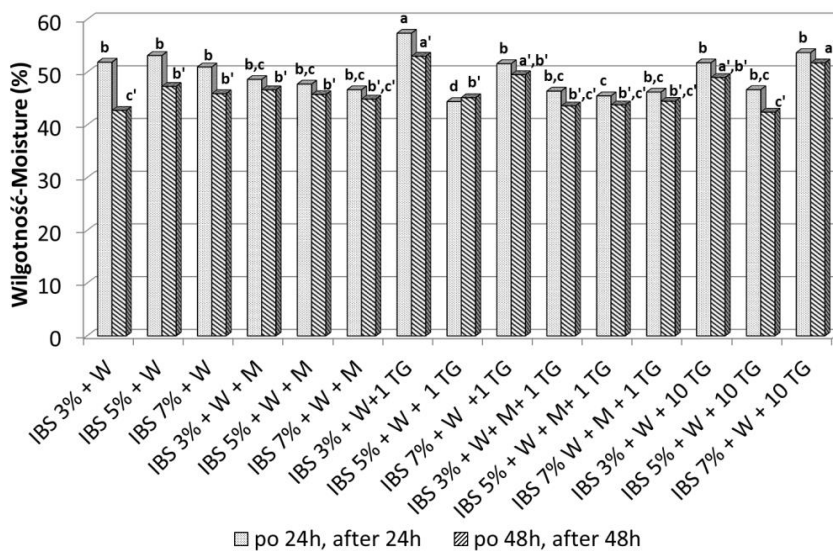


Rys. 3. Średnie wartości porowatości pieczywa bezglutenowego; IBS – izolat białka sojowego, W – woda, M – mleko, TG – transglutaminaza; (a) – (e) – wartości średnie oznaczone różnymi literami, różnią się istotnie statystycznie ($\alpha = 0.05$)

Fig. 3. Mean values of porosity of gluten free bread; IBS – soya protein isolate, W – water, M – milk, TG – transglutaminase; (a) to (e) - mean values marked with different letters differ statistically significantly ($\alpha = 0.05$)

Mając na uwadze możliwość sieciowania białek sojowych i mleka przez mikrobiologiczną transglutaminazę w celu uzyskania stabilnej struktury pieczywa bezglutenowego (Gujral i Rosell 2004, Moore i in. 2006, Marco i Rosell 2008), otrzymano próbki pieczywa z dodatkiem TGazy. Analizując dane przedstawione na rysunkach 1 – 4 i w tabeli 2 wykazano, że wpływ dodatku transglutaminazy na cechy pieczywa zależał od ilości owego udziału białek sojowych i udziału mleka. Masa właściwa pieczywa z udziałem mleka, niezależnie od ilości użytych białek soi, zmalała, natomiast wilgotność próbki (3% białek sojowych) istotnie wzrosła po dodaniu $1 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ białka TGazy. Twardość i żujność wzrosły w próbkach z największym udziałem białek sojowych. Bardziej korzystne zmiany zaobserwowano w przypadku pieczywa otrzymanego z dodatkiem mleka. Niezależnie od ilości udziału białek sojowych, masa właściwa pieczywa zmalała, natomiast porowatość pieczywa korzystnie wzrosła. Dodatek transglutaminazy nie wpłynął na wilgotność pieczywa oznaczoną zarówno po 24 jak i po 48 godzinach od wypieku (rys. 4). Twardość, spoistość, sprężystość i żujność miększu nie zmieniły się po dodaniu enzymu (tab. 2). W pieczywie z dodatkiem TGazy częściowa substytucja wody mlekiem wydaje się uzasadniona. Można przypuszczać, że w tych próbkach za-

równie białka sojowe, jak i białka mleka zostały zmodyfikowane przez transglutaminazę. Niektórzy autorzy (Moore i in. 2006) donoszą, że TGaza nie tworzy przestrzennej sieci w żelach białek sojowych, inni natomiast (Nonaka i in. 1994) twierdzą, że proces ten ma miejsce. Wyniki uzyskane w pracy są zgodne ze stwierdzeniami Nonaka i in. (1994). Efektywność transglutaminazy w dużym stopniu uzależniona jest od rodzaju białka użytego jako substrat, m.in. od dostępności reszt lizyny i glutaminy (Renzetti i in. 2008). Dlatego też równoczesne zastosowanie białek sojowych i mleka korzystnie wpłynęło na strukturę miększu pieczywa bezglutenowego.



Rys. 4. Średnie wartości wilgotności pieczywa bezglutenowego; IBS – izolat białka sojowego, W – woda, M – mleko, TG – transglutaminaza; (a) – (d), (a') – (c') – wartości średnie oznaczone różnymi literami, różnią się istotnie statystycznie ($\alpha = 0.05$)

Fig. 4. Mean values of moisture of gluten free bread; IBS – soya protein isolate, W – water, M – milk, TG – transglutaminase; (a) to (d), (a') to (c') – mean values marked with different letters differ statistically significantly ($\alpha = 0.05$)

Dodatek 10 U/g białka TGazy do chlebów, otrzymanych z ciasta wyrabianego tylko z wodą, spowodował wyraźne zmniejszenie się masy właściwej pieczywa oraz wzrost jego objętości w stosunku do pozostałych analizowanych w pracy próbek (rys. 1 i 2). Porowatość miększu tego pieczywa była większa w porównaniu z próbkami, do których nie dodano enzymu i porównywalna z porowatością pieczywa z dodatkiem mleka i 1 U·g⁻¹ białka TGazy (rys. 3). Stwierdzono również korzystny wzrost wilgotności pieczywa i zmniejszenie się twardości mięki-

szu w porównaniu z próbkami, do których dodano mleko i $1 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ białka TGazy (rys. 4, tab. 2). Na omawiane parametry wyraźny wpływ wywarł również zróżnicowany udział białek sojowych. Optymalna dawka enzymu uzależniona jest m.in. od warunków reakcji, ale także od rodzaju białka dostępnego dla enzymu (Dickinson 1997, Gerrard 2002). Uzyskane w pracy wyniki są zgodne z tym stwierdzeniem. Właściwą strukturę miększu pieczywa bezglutenowego uzyskano stosując białka sojowe i białka mleka, przy dawce enzymu $1 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ białka, a w przypadku udziału tylko białek sojowych przy dawce $10 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ białka.

W pracy wykazano korzystny wpływ transglutaminazy na strukturę i teksturę pieczywa bezglutenowego. Konieczne są jednak dalsze badania nad doбором optymalnej dawki enzymu i rodzaju oraz ilości substratu białkowego.

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie mieszaniny wody i mleka w ilości 50/50 % nie spowodowało korzystnych zmian cech fizycznych pieczywa bezglutenowego, bez dodatku transglutaminazy.

2. Struktura i tekstura pieczywa bezglutenowego zależała od ilościowego udziału białek sojowych. Zwiększenie udziału tych białek, w zakresie od 3 do 7% w koncentraty pieczywa bezglutenowego może poprawić jego cechy fizyczne.

3. Wpływ transglutaminazy na strukturę i teksturę pieczywa bezglutenowego zależał od dawki enzymu oraz rodzaju i ilości dodatku substratu białkowego. Najlepszą teksturą, wśród analizowanych próbek pieczywa, charakteryzował się miększ chleba otrzymany z koncentratu zawierającego 5% białek sojowych, mleko i $1 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ TGazy.

4. W pieczywie otrzymanym bez udziału mleka lepszą strukturę i teksturę uzyskano stosując większą dawkę transglutaminazy, tj. $10 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ białka.

PIŚMIENNICTWO

- AACC International (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. Methods 10-05 and 44-15A. The Association, St. Paul, MN.
- Ahlborn G.J., Pike O.A., Hendrix S.B., Hess W.M., Huber C.S., 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chem.*, 82, 328-335.
- Dickinson E., 1997. enzymatic cross-linking as a tool for food colloid rheology control and interfacial stabilization. *Trends in Food Sci. & Technol.*, 8, 334-339.
- Fasano A., Catassi C., 2001. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: An evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120, 636-651.
- Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K., 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *J. Food Eng.*, 56, 153-161.
- Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K., 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trend. Food Sci. & Technol.*, 15, 143-152.

- Gambuś H., Nowotna A., Ziobro R., Gumul D., Sikora M., 2001. The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. *Elektron. J. Polish Agric. Univ.*, 4, 1-13.
- Gambuś H., Gambuś F., Sabat R., 2002. Próby poprawy jakości chleba bezglutenowego przez dodatek mąki z szarłat. *Żywność*, 31, 99-112.
- Gerrard J.A., 2002. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. *Trends in Food Sci. & Technol.*, 13, 389-397.
- Gujral H.S., Rosell C.M., 2004. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *J. Cereal Sci.*, 39, 225-230.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Rutkowska U., 1996. Ocena wartości odżywczej wybranych produktów bezglutenowych. *Żywnie Człowieka i Metabolizm*, 2, 99.
- Kuraishi Ch., Yamazaki K., Susa Y., 2001. Transglutaminase: Its utilization In the food industry. *Food Reviews International*, 17(2), 221-246.
- Lazaridou A., Duta D., Papageorgiou M., Belc N., Biliaderis C.G., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J. Food Eng.*, 79, 1033-1047.
- Li L.-Y., Easa M., Liong M.-T., Tan Th.-Ch., Foo W.-T., 2013. The use of microbial transglutaminase and soy protein isolate to enhance retention of capsaicin in capsaicin-enriched layered noodles. *Food Hydrocolloids*, 30, 495-503.
- Lorenzen P.C., 2007. Effects of varying time/temperature-conditions of pre-heating and enzymatic cross-linking on techno-functional properties of reconstituted dairy ingredients. *Food Research International*, 40, 700-708.
- Marciniak-Lukasiak K., Dłużewska E., Kalinkiewicz K., 2010. Wpływ dodatku izolowanych białek sojowych na jakość wypieczonego z koncentratu chleba bezglutenowego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 552, 139-148.
- Marco C., Rosell C.M., 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *Eur Food Res Technol.*, 227, 1205-1213.
- McCarthy D.F., Gallagher E., Gormley T.R., Schober T.J., Arendt E.K., 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chem.*, 82, 609-615.
- Moore M.M., Heinbockel M., Dockery P., Ulmer H.M., Arendt K., 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem.*, 83, 28-36.
- Nonaka M., Toiguchi S., Sakamoto H., Kawajiri H., Soeda T., Motoki M., 1994. Changes caused by microbial transglutaminase on physical properties of thermally induced soy protein gel. *Food Hydrocolloids*, 8, 1-8.
- Renzetti S., Bello F.D., Arendt E.K., 2008. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours with microbial transglutaminase. *J. Cereal Sci.*, 48, 33-45.
- Shewry P.R., Tatham A.S., 1997. Recent advances in our understanding of cereals seed protein structure and functionality. *Comments Agric Food Chem.*, 1, 71.
- Shin M., Gang D.O., Song J.Y., 2010. Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Sci. Biotechnol.*, 19, 951-956.
- Song J.Y., Shin M., 2007. Effects of soaking and particle size on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *Food Sci. Biotechnol.*, 16, 759-764.
- Stable Micro System (1997). User guide. Texture expert for Windows. Stable Micro System, Godalming, UK.

TEXTURAL FEATURES OF GLUTEN FREE BREADS

Elżbieta Dłużewska, Katarzyna Marciniak-Lukasiak

Faculty of Food Sciences, Department of Food Technology,
Division of Fats & Oils and Food Concentrates Technology,
Warsaw University of Life Sciences-WULS SGGW
ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, Poland
e-mail: katarzyna_marciniak_lukasiak@sggw.pl

Abstract. The goal of the research was to determine the influence of different additions on the textural features of gluten free breads. Basic ingredients used for preparations of gluten free breads were rice flour and potato starch. Additionally, 1% of xanthan gum was added. The influence of the following additions on gluten free breads features was investigated: soy protein isolate in amount from 3 to 7% and transglutaminase in amount of 1, 5, and 10 U. The values of specific mass, crumb porosity, specific volume, and moisture (after 24 and 48 h) were determined. Also profile texture analysis (TPA) was performed through the determination of hardness, springiness, elasticity and chewiness. Based on obtained results, it was noted that the addition of soy protein isolate had a positive impact on gluten free bread texture, especially at the dose of 5%. The addition of transglutaminase improved the textural features of gluten free breads with soy protein isolate. An additional improvement was observed after partial substitution (50%) of water by milk in gluten free breads with a content of transglutaminase and soy protein isolate.

Key words: gluten free-bread, transglutaminase, soy protein, milk protein