

ELŻBIETA DŁUŻEWSKA, KATARZYNA MARCINIAK, DANUTA DOJCZEW

KONCENTRATY CHLEBA BEZGLUTENOWEGO Z DODATKIEM WYBRANYCH HYDROKOLOIDÓW

Streszczenie

Celem badań było opracowanie receptur koncentratów chleba bezglutenowego, z których możliwe byłoby otrzymanie chleba o właściwej objętości, strukturze miękkiszu i cechach sensorycznych zbliżonych do cech pieczywa pszennego, jednak o wyższej wartości odżywczej i większej trwałości niż dostępne w Polsce pieczywo bezglutenowe.

Zakres pracy obejmował określenie wpływu rodzaju i dawki hydrokolooidów na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne pieczywa otrzymanego z koncentratów bezglutenowych, a także zbadanie możliwości zastosowania mieszanki hydrokolooidów z równoczesnym określeniem wpływu proporcji poszczególnych składników mieszanki na jakość pieczywa. W pracy zastosowano preparaty karagenów, gumy guar, mączki chleba świętojańskiego i gumy ksantanowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono najkorzystniejszy dodatek pojedynczych hydrokolooidów lub ich mieszanek w ilości 1%. Dalsze zwiększanie dawki hydrokolooidów nie powodowało poprawy jakości, a nawet wpływało na pogorszenie właściwości fizykochemicznych i cech sensorycznych pieczywa bezglutenowego.

Wykazano, że zastosowanie mieszanek, zamiast pojedynczych hydrokolooidów, korzystnie wpływało na poprawę jakości pieczywa bezglutenowego. Analiza tekstury pieczywa pozwoliła na stwierdzenie, że otrzymany chleb bezglutenowy utrzymywał świeżość przez co najmniej dwie doby.

Wstęp

Celiakia (glutenozależna enteropatia) jest przewlekłą nietolerancją glutenu – białka zawartego w ziarnach pszenicy, jęczmienia, żyta i owsa, którego spożywanie 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 [4].

Białka glutenowe występują wyłącznie w ziarniakach roślin należących do rodziny traw (*Gramineae*). Kompleks glutenowy stanowi mieszaninę białek heterogennych, ekstrahowanych z mąki roztworami alkoholi (prolaminy) oraz roztworami kwasów i zasad (gluteliny). Gluten jest głównym komponentem ziarniaków pszenicy decydującym o wartości technologicznej mąki. Szczególne właściwości fizyczne glutenu, tj.: elastyczność, sprężystość i plastyczność wynikają z jego składu chemicznego; są to bowiem białka zawierające dużą ilość N-amidowego (glutaminy i asparaginy) i Pro (proliny). Ponieważ wyżej wymienione aminokwasy mogą stanowić ponad 60% składu aminokwasowego, to one przede wszystkim kształtują wtórną strukturę białek glutenowych, która decyduje o wartości wypiekowej mąki [9].

Fracje α -gliadyn wywołują celiakię, której istotą jest zanik błony śluzowej jelita cienkiego [2]. Celiakia należy do nielicznych chorób, w których zachodzi ścisłe powiązanie między spożywanymi produktami, a poważnymi zaburzeniami ogólnoustrojowymi [10].

W związku z uczulającymi właściwościami gliadyny, otrzymanie chleba w oparciu o surowce bezglutenowe, pozbawione czynnika strukturotwórczego jakim jest gluten, wymaga zastąpienia glutenu w chlebie bezglutenowym dodatkami mogącymi pełnić tę samą rolę co gluten lub o zbliżonych właściwościach funkcjonalnych. Tymi dodatkami mogą być hydrokoloidy: guma guar, guma ksantanowa, karagen, mączka chleba świętojańskiego i żelatyna.

Ich wyjątkowe cechy pozwalają otrzymać takie receptury koncentratu chleba bezglutenowego, z których możliwe byłoby otrzymanie pieczywa o cechach fizykochemicznych i sensorycznych, jak najbardziej zbliżonych do pieczywa zawierającego gluten.

Materiały i metody badań

Podstawowymi surowcami, które wykorzystano przy otrzymywaniu koncentratów bezglutenowych były: mąka kukurydziana i mąka ryżowa. Jako dodatki zagęszczające zastosowano handlowe preparaty karagenu, gumy guar, gumy ksantanowej, mączki chleba świętojańskiego oraz żelatynę spożywczą. Skład recepturowy koncentratów przedstawiono w tab. 1.

Mieszano 300 g koncentratu chleba bezglutenowego ze 130 cm³ mleka i 140 cm³ wody, przy użyciu miksera. Ciasto pozostawiano na okres 50 min w temperaturze 40°C, do wyrośnięcia. Wypiek prowadzono w piekarniku elektrycznym, w temp. 240 ± 5°C przez 30 min.

Oznaczanie gliadyny

Do oznaczenia zawartości gliadyny w badanych surowcach zastosowano metodę immunoenzymatyczną ELISA [6]. W celu wykrycia gliadyny użyto przeciwciał prze-

ciwko gliadynie z surowicy królika (firmy Sigma) oraz enzym peroksydazę z korzenia chrzanu (firmy Sigma). Miarą zawartości gliadyny w badanej próbce była aktywność peroksydazy w koniugacie związanym na powierzchni antygeny (gliadyna). Aktywność enzymu oznaczano wobec substratu 0,1% ABTS (sól sodowa kwasu 2,2-azynobis-3-etylobenzoriazolina-6-sulfonowego).

Tabela 1

Skład recepturowy koncentratów chleba bezglutenowego [%].

Recipes of gluten free breads.

Składniki / Components	Nr próbki / Sample number			
	1	2	3	4
Mąka kukurydziana / Maize meal	51,00			
Mąka ryżowa / Rice flour	42,40	41,90	40,90	39,40
Drożdże instant / Instant yeast	1,20			
Cukier / Sugar	3,20			
Sól / Salt	1,20			
Hydrokoloidy / Hydrocolloides	1,00	1,50	2,50	4,00

Oznaczanie objętości pieczywa

W naczyniu o znanej objętości umieszczano badane pieczywo i zasypywano je ziarnem rzepaku. Z różnicy objętości rzepaku w pustym naczyniu oraz objętości rzepaku w naczyniu z umieszczonym pieczywem określano objętość badanego pieczywa. Objętość wyrażano w $\text{cm}^3/100$ g pieczywa.

Oznaczanie porowatości pieczywa

Z miększu pieczywa, z miejsc o średniej porowatości, wycinano walce o objętości 27 cm^3 za pomocą specjalnego noża w kształcie rury, a następnie dzielono na mniejsze kawałki ugniatając z nich kulki. Do cylindra miarowego o pojemności 100 cm^3 nalewano 30 cm^3 oleju rzepakowego, umieszczano w nim kulki i odczytywano poziom oleju w cylindrze wraz z kulkami, określając tym samym objętość walca po usunięciu porów. Porowatość miększu obliczano ze wzoru: $X = [(a-b)/a] \times 100$, gdzie: X – porowatość miększu pieczywa, w %, a – objętość walca z nienaruszonym miększem, cm^3 , b – objętość walca po usunięciu porów, w cm^3 .

Oznaczanie podstawowego składu chemicznego

Zawartość wody, białka ogółem ($N \times 6,25$), tłuszczu i popiołu oznaczano metodami znormalizowanymi [3].

Wyznaczanie wartości energetycznej

Zawartość węglowodanów wyliczano z różnicy zawartości suchej masy i pozostałych oznaczanych składników. Wartość energetyczną obliczano na podstawie zawartości białka, tłuszczu i węglowodanów [5].

Oznaczanie tekstury i stopnia czerstwienia pieczywa

Teksturę badano przy użyciu urządzenia Zwick 1120 współpracującego z komputerem. Zastosowano test podwójnego ściskania. Próbkę o średnicy 30 mm i wysokości 35 mm poddawano ściskaniu do momentu uzyskania 50 % odkształcenia. Sprężystość próbek wyznaczano jako stosunek odkształcenia próbki w drugim cyklu ściskania, do odkształcenia próbki przy ściskaniu w pierwszym cyklu, spoistość – jako stosunek pracy wykonanej podczas drugiego cyklu ściskania, do pracy ściskania wykonanej w pierwszym cyklu oraz twardość – jako maksymalną wartość siły potrzebnej do deformacji próbki przy pierwszym ściskaniu. Analizę stopnia sčerstwienia pieczywa przeprowadzano wykonując test podwójnego ściskania próbek pieczywa po 24 godzinach i 48 godzinach od wypieku.

Ocena sensoryczna pieczywa bezglutenowego

Ocena sensoryczna chlebów wypieczonych z koncentratów bezglutenowych przeprowadzana była przez zespół 10-osobowy metodą profilową [1]. W karcie oceny wyszczególniono wybrane noty smakowo-zapachowe i wyróżniki wyglądu charakterystyczne dla pieczywa i użytych dodatków oraz stopień pożądalności konsumenckiej.

Analiza statystyczna wyników

Analizę statystyczną wyników dokonano w oparciu o program komputerowy „Statgraphics” firmy Statistical Graphics Corporation.

Wyniki i dyskusja

Skład recepturowy koncentratów chleba bezglutenowego ustalono na podstawie wstępnych badań, w których zostały określone ilości podstawowych składników, takich jak: mąka kukurydziana, mąka ryżowa, drożdże, sól i cukier, a także ilość mleka i wody dodawana przed wypiekiem pieczywa. W pracy podjęto próbę określenia wpływu dodatku gumy guar, karagenu oraz gumy ksantanowej w ilości 1,5% w stosunku do masy koncentratu, na właściwości fizykochemiczne oraz cechy sensoryczne otrzymanego pieczywa. Spośród badanych próbek najlepszymi właściwościami fizykochemicznymi charakteryzowała się próbka zawierająca gumę guar. Zarówno objętość, jak i porowatość tej próbki pieczywa była największa i wynosiła odpowiednio 150 cm³/100 g pieczywa i 45%. Również wilgotność miała największą wartość – 30% i po 48 godzinach przechowywania była większa niż wilgotność pozostałych próbek

bezpośrednio po wypieku (tab. 2). Można zatem przypuszczać, że dodatek gumy guar do koncentratu chleba bezglutenowego korzystnie wpływa na utrzymanie prawidłowej wilgotności pieczywa bezpośrednio po wypieku i w czasie przechowywania. Z kolei chleby otrzymane z dodatkiem karagenu i gumy ksantanowej charakteryzowały się prawidłową strukturą miększu, co pozwoliło na stwierdzenie, że wszystkie badane preparaty mogą być komponentami mieszanek hydrokoloidów zastępujących gluten.

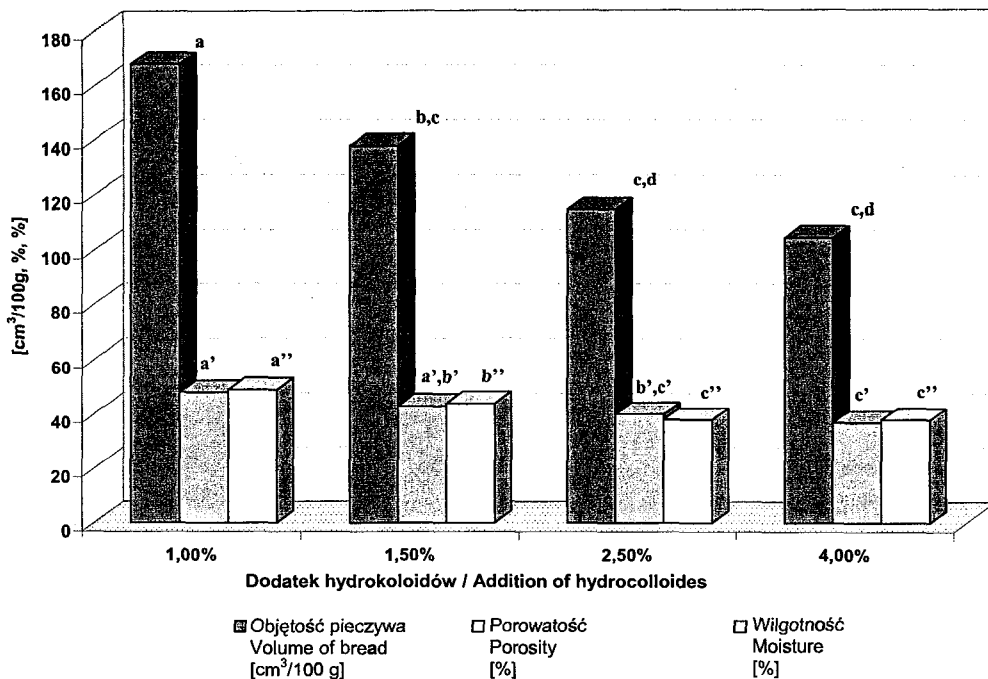
Tabela 2

Właściwości fizykochemiczne chleba bezglutenowego.
Physico-chemical properties of gluten free bread.

Rodzaj i ilość dodatku Kind and amount of addition [%]	Objętość pieczywa Volume of bread [cm ³ /100g]	Porowatość Porosity [%]	Wilgotność miększu / Moisture of crumb [%]		
			Bezpośrednio po wypieku Immediately after baking	Po 24 godzinach After 24 h	Po 48 godzinach After 48 h
Karagen / Carrageenan 1,5	130	42	25	23	20
Guma guar / Guar gum 1,5	150	45	30	29	27
Guma ksantanowa / Xanthan gum 1,5	134	43	24	22	21

Przypuszczając, że nie tylko rodzaj, ale i ilość dodatku strukturotwórczego będzie miała wpływ na jakość otrzymywanego pieczywa, zmniejszono dawkę hydrokoloidów do 1% lub zwiększono do 2,5% i 4%. Stosując większe dawki hydrokoloidów otrzymano pieczywo o mniejszej objętości, porowatości i wilgotności w porównaniu z próbką zawierającą 1,5% preparatu. Zmniejszenie dawki hydrokoloidów do 1% nie spowodowało pogorszenia jakości otrzymywanego pieczywa, a nawet obserwowano wyraźną poprawę badanych parametrów (rys. 1).

W literaturze szeroko opisywany jest efekt synergistyczny przy jednoczesnym stosowaniu różnych hydrokoloidów. Przykładowo, mączka chleba świętojańskiego sama nie żeluje, ale polepsza właściwości żelujące karagenu i guaru [8]. Stąd w dalszych doświadczeniach do koncentratów chleba bezglutenowego dodawano mieszanki hydrokoloidów, we wcześniej ustalonej ilości na poziomie 1 % w stosunku do masy koncentratu. Porównując produkty uzyskane przy zastosowaniu pojedynczych hydrokoloidów z produktami, w których stosowano mieszanki hydrokoloidów zauważono, iż jakość chleba bezglutenowego jest zdecydowanie wyższa w przypadku jednoczesnego stosowania kilku hydrokoloidów. W przypadku mieszanki dwóch hydrokoloidów najlepsze rezultaty osiągnięto stosując karagen z gumą guar oraz karagen z mączką chleba świętojańskiego w stosunku 3:1.



(a-d, a'-c', a''-c'') – wartości średnie przy tym samym parametrze oznaczone różnymi indeksami różnią się między sobą statystycznie istotnie ($\alpha = 0,05$).

Rys. 1. Wpływ wielkości dawki hydrokoloidów na właściwości fizykochemiczne chleba bezglutenowego.

Fig. 1. Effect of hydrocolloides dose on the physico-chemical properties of gluten-free bread.

Otrzymane chleby z tymi dodatkami charakteryzowały się największymi wartościami objętości i porowatości (tab. 3), ale nadal pozostał nierozwiązany problem kruszenia się chleba oraz małej elastyczności miększa. Problem ten rozwiązano rozszerzając recepturę o dodatek żelatyny. Zastosowanie karagenu, gumy guar i żelatyny w stosunku 1:1:2 okazało się najkorzystniejsze, gdyż proces kruszenia się chleba został wyeliminowany przy zachowanych dobrych właściwościach fizykochemicznych (tab. 3).

Uzyskane w pracy wyniki pozwoliły również na stwierdzenie, że ważny jest nie tylko rodzaj użytych hydrokoloidów, ale także proporcje w jakich zostały użyte. Zdecydowanie lepszą porowatość miększa chleba i większą objętość 100 g produktu zaobserwowano stosując dodatek karagenu i gumy guar zmieszane w stosunku 3:1, w porównaniu z próbą, w której składniki te użyto w proporcji 2:1 (tab. 3).

Tabela 3

Właściwości fizykochemiczne chleba bezglutenowego.
Physico-chemical properties of gluten free bread.

Rodzaj mieszanki Kind of mixture	Objętość pieczywa Volume of bread [cm ³ /100 g]	Porowatość Porosity [%]	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%]		
			Bezpośrednio po wypieku Immediately after baking	Po 24 godzinach After 24 h	Po 48 godzinach After 48 h
Karagen / Carrageenan 2:1	155	47	49	47	46
Karagen / Carrageenan 3:1	175	48	47	47	45
Guma guar / Guar gum 3:1	176	50	49	48	46
Guma ksantanowa / Xanthan gum 1:2	147	45	46	45	44
Karagen : guma guar : mączka chleba świętojańskiego 1:1:2 Carrageenan : guar gum : locust bean gum 1:1:2	154	46	48	47	45
Guma guar : guma ksantanowa : żelatyna 1:1:2 Guar gum : xanthan gum : gelatine 1:1:2	148	44	48	46	46
Karagen : mączka chleba świę- tojańskiego : żelatyna 1:1:2 Carrageenan : locust bean gum : gelatine 1:1:2	134	44	48	47	45

W celu pełniejszej analizy uzyskanych wyników przeprowadzono analizę tekstury (po 24 i 48 godzinach od wypieku) chlebów bezglutenowych uznanych w pracy za najlepsze, a także pieczywa otrzymanego z handlowego koncentratu bezglutenowego i chleba pszennożytniego przyjętego jako wzorzec.

Chleby otrzymane w czasie doświadczeń, charakteryzowały się po 24 godzinach od wypieku mniejszą sprężystością (0,53–0,66) i spoistością (0,13–0,15), natomiast większą twardością (30,09–54,81 N) niż produkt handlowy oraz wzorzec (tab. 4). Pomimo, że produkt handlowy charakteryzował się lepszymi parametrami tekstury niż chleby otrzymane w pracy, jednak również ustępował pod tym względem wzorcowi (chleb pszennożytni).

We wszystkich analizowanych próbkach, w czasie przechowywania przez kolejne 24 godziny, następowały zmiany parametrów tekstury (tab. 4). Sprężystość i spoistość malały, natomiast twardość wzrastała. Pomimo, że w przypadku próbek otrzymanych

według własnych receptur obserwowano mniejsze zmiany, w efekcie końcowym zarówno ich twardość była większa od twardości wzorca, jak i spoistość znacznie mniejsza (około 4-krotnie) od spoistości chleba pszennożytnego. Mniejsze zmiany parametrów tekstury świadczą o wolniejszym procesie czerstwienia pieczywa doświadczalnego, w porównaniu z produktem handlowym i chlebem pszennożytnym.

Tabela 4

Analiza tekstury miękiszu.
Analysis of vrumb texture.

Próbka Sample	Sprężystość Springiness		Spoistość Cohesiveness		Żujność Chewiness		Twardość Hardness	
	Po 24 h	Po 48 h	Po 24 h	Po 48 h	Po 24 h	Po 48 h	Po 24 h	Po 48 h
	After 24 h	After 48 h	After 24 h	After 48 h	After 24 h	After 48 h	After 24 h	After 48 h
Karagen : guma guar 3:1 Carrageenan : guar gum 3:1	0,66	0,47	0,15	0,10	3,07	1,83	30,1	37,39
Karagen : mączka chleba świętojańskiego : żelatyna 1:1:2 Carrageenan : locust bean gum : gelatine 1:1:2	0,53	0,42	0,13	0,09	3,84	1,73	54,81	44,97
Produkt handlowy Commercial product	0,88	0,84	0,27	0,23	11,79	10,67	50,15	55,48
Chleb pszenno – żytni Wheaten-rye bread	0,90	0,81	0,57	0,47	7,81	11,97	15,17	31,40

Chleby bezglutenowe otrzymywane przez autorów charakteryzowały się dużą zawartością białka mieszczącą się w granicach 4,82–5,89%, nieznacznie mniejszą niż w chlebie pszennożytnym, gdzie wartość ta kształtowała się na poziomie 6,80%. W przypadku badanego produktu handlowego zawartość białka była znacznie mniejsza i wynosiła 0,69%. Zawartość tłuszczu w próbkach chleba otrzymanych w czasie doświadczeń wynosiła od 2,2 do 2,4% i była porównywalna z zawartością we wzorcu (2,1%). Natomiast wartość energetyczna chlebów otrzymanych według własnych receptur była istotnie niższa od wartości energetycznej produktu handlowego, nie różniła się natomiast od wartości energetycznej wzorca (tab. 5).

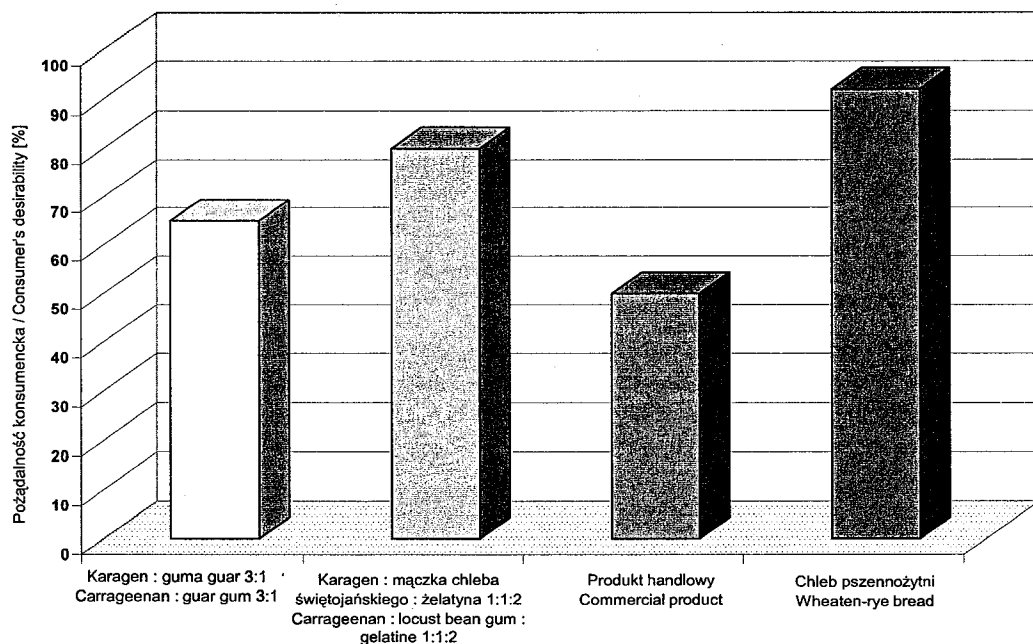
Ocena pożądalności konsumenckiej pieczywa bezglutenowego otrzymanego w pracy wykazała, że są to produkty w pełni akceptowane przez konsumentów. Pieczywo to uzyskało znacznie wyższy stopień pożądalności konsumenckiej, mieszczący się w granicach 65–80%, w porównaniu z produktem handlowym, którego stopień pożądalności konsumenckiej kształtował się na poziomie 50% (rys. 2).

Tabela 5

Wartość odżywcza w przeliczeniu na 100 g produktu.

Analysis of composition.

Próbka Sample	Białka Protein [g]	Tłuszcze Fat [g]	Węglowodany Carbohydrates [g]	Popiół Ash [g]	Wartość energetyczna Energy value [kcal]
Karagen : guma guar 3:1 Carrageenan : guar gum 3:1	5,89	2,40	42,61	2,10	215,60
Karagen : mączka chleba świętojańskiego : żelatyna 1:1:2 Carrageenan : locust bean gum : gelatine 1:1:2	4,82	2,20	43,08	1,90	211,40
Produkt handlowy Commercial product	0,69	0,18	58,66	0,47	339,00
Chleb pszennożytni Wheaten-rye bread	6,80	2,10	41,10	1,00	210,50



Rys. 2. Ocena pożądalności konsumenckiej wybranych chlebów bezglutenowych w porównaniu z produktem handlowym i wzorcem.

Fig. 2. Sensoric assessment of gluten-free breads compared with commercial product and wheaten-rye bread.

W chlebach otrzymanych według własnych receptur, zawartość glutenu oznaczono metodą immunoenzymatyczną ELISA [6]. W wytycznych Głównego Inspektora Sanitarnego z 13 lipca 1990 r., w sprawie zasady badania środków spożywczych na obecność gliadyny określono, że produkt bezglutenowy nie może zawierać więcej niż 1 mg glutenu w 100 g produktu w przeliczeniu na suchą masę [7].

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że analizowane próbki nie zawierały gliadyny co potwierdziło trafność doboru składników i dodatków.

Wnioski

1. Stwierdzono najkorzystniejszy dodatek pojedynczych hydrokoloidów lub ich mieszanek do koncentratów chleba bezglutenowego w ilości 1–1,5%. Dalsze zwiększanie dawki hydrokoloidów nie powodowało poprawy jakości, a nawet wpływało na pogorszenie właściwości fizykochemicznych i cech sensorycznych pieczywa bezglutenowego.
2. Polepszenie jakości chleba bezglutenowego uzyskano rozszerzając recepturę o żelatynę. Stosując ten dodatek jednocześnie z innymi hydrokoloidami stwierdzono, że dodatek żelatyny znacząco zmniejsza kruszenie się chleba. Najlepszymi cechami sensorycznymi charakteryzowało się pieczywo zawierające karagen, mączkę chleba świętojańskiego oraz żelatynę w proporcji 1:1:2.
3. Analiza tekstury otrzymanych chlebów bezglutenowych wykazała, iż różnią się one znacząco od chleba pszennożytniego pod względem cech reologicznych, lecz w podobny sposób ulegają czerstwieniu utrzymując świeżość co najmniej przez 2 dni.

LITERATURA

- [1] Baryłko-Pikielna N.: Zarys analizy sensorycznej żywności, WNT, Warszawa 1975.
- [2] Gomułka S.W., Rewerski W.: Encyklopedia zdrowia, PWN, Warszawa 1994, 738, 1241, 1251.
- [3] Krelowska-Kułas M.: Badanie jakości produktów spożywczych, PWE, Warszawa 1993.
- [4] Kunachowicz H., Nadolna I., Kłys W., Iwanow K., Kruszewska B.: Produkty bezglutenowe, skład i wartość odżywcza, IŻŻ, 1995, 7, 19.
- [5] Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Rutkowska U.: Ocena wartości odżywczej wybranych produktów bezglutenowych, Żywnie i Metabolizm, 2, 1996, 99.
- [6] Masłowska J., Leszczyńska J.: Oznaczanie gliadyny w niektórych produktach bezglutenowych metodą ELISA, Roczniki PZH 1, 1992, 61.
- [7] Pordąb Z., Radoła A., Nowak A.: Nowe chleby bezglutenowe, Przem. Spoż., 53, 1999, 10.
- [8] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: Substancje dodatkowe i składniki funkcjonalne żywności, Agro & Food Technology, Katowice, 117-118, 120.
- [9] Shewry P.R., Tatham A.S.: Recent advances in our understanding of cereale seed protein structure and functionality, 1987, Comments Agric Food Chem 1, 1997, 71.
- [10] Zbieg-Sandecka E., Dawydzik B.: Dziecko z chorobą trzewną, PZWL, Warszawa, 1984, 3, 6, 8.

GLUTEN-FREE BREAD CONCENTRATES WITH SOME HYDROCOLLOIDS**S u m m a r y**

The aim of this work was the investigation on the recipes for gluten-free bread concentrates which could allow the obtaining a bread demonstrating a suitable volume and crumb structure, good sensoric properties near a wheaten bread but having a higher nutritive value and larger durability than the gluten-free bakery products available in Poland. The scope of this work included the determination of the influence of kind and dose of hydrocolloids on the physico-chemical and sensoric properties of bakery products obtained from gluten-free concentrates as well as the investigation of possibilities of use the gum mixtures including the estimation of the influence of the portion of sequential components of mixture on the bread quality. The following preparations have been used: carrageenans, guar gum, locust bean gum and xanthan gum.

On the basis of the investigation performed it came to the conclusion that the best amount of a single hydrocolloid or their mixtures corresponded to 1%. The larger increase of the dose of gum does not improve the quality and moreover it led to degradation of the physico-chemical and sensoric properties of gluten-free bread.

It has been shown that the application of mixtures instead of single hydrocolloid improves the quality of gluten-free bread. The texture analysis shows that the obtained gluten-free bread hold the freshness at least for two days. ☒