

HALINA GAMBUŚ, FLORIAN GAMBUŚ, RENATA SABAT

## PRÓBY POPRAWY JAKOŚCI CHLEBA BEZGLUTENOWEGO PRZEZ DODATEK MĄKI Z SZARŁATU

### Streszczenie

Celem pracy było ustalenie optymalnego dodatku mąki z szarłatu (*Amaranthus sp.*) do wypieku chlebów bezglutenowych, który nie pogarszając jakości, w widoczny sposób zwiększy ich wartość odżywczą. Udział mąki z szarłatu w ilości do 10% masy skrobi przewidzianej recepturą, zwiększył objętość chlebów i spójność miększu podczas przechowywania, hamując jednocześnie jego twardość, w porównaniu z chlebem standardowym. Udział mąki z szarłatu w chlebach bezglutenowych wzbogacił je w cenne białko, włókno pokarmowe oraz szereg makro- i mikroelementów.

### Wstęp

Celiakia jest jedną z nielicznych chorób, w których zachodzi bezpośrednie powiązanie pomiędzy spożywanymi produktami, a poważnymi zaburzeniami ogólnoustrojowymi, takimi jak: zaburzenia trawienia i wchłaniania, przewlekłe biegunki, krzywica, niedobór masy oraz długości ciała, nietolerancja dwucukrów, niejednokrotnie wtórna alergizacja na inne pokarmy [2, 18, 24, 26, 27]. Dieta bezglutenowa, czyli dieta pozbawiona glutenu jest jedynym skutecznym sposobem leczenia celiakii [6, 11, 25, 27], a skuteczność tej diety zależy od rygorystycznego jej przestrzegania, często przez całe życie [2, 15, 27, 36].

Wyroby bezglutenowe charakteryzują się znacznie niższą wartością żywieniową, w porównaniu z tradycyjnymi produktami zbożowymi. Dotyczy to zwłaszcza zawartości błonnika, składników mineralnych i białka [2, 19, 24, 25]. W diecie zdrowego człowieka około 45% zapotrzebowania na białko ogólne pokrywają produkty zbożowe, spożywane w dużej mierze pod postacią mąk i kasz, które są całkowicie wyeliminowane z diety bezglutenowej [3]. Duża część produktów bezglutenowych są to jed-

nocześnie produkty bezbiałkowe [19, 25, 32]. Wymywanie składników mineralnych i witamin w procesie usuwania białka, wywiera dodatkowy niekorzystny wpływ na wartość odżywczą diety [18, 19]. W badaniach prowadzonych z udziałem pacjentów chorych na celiakię wykazano ryzyko wystąpienia niedoboru wapnia w 27%, żelaza w 20%, niedoboru tiaminy w 13% zaś ryboflawiny w 9%. Uzyskano także wysokie dodatnie korelacje pomiędzy niedoborem żelaza, cynku i selenu a stanem choroby pacjentów [18]. Obserwacje osób na diecie bezglutenowej wykazały ponadto, że chorzy cierpią na przewlekłe obstrukcje w wyniku długotrwałego stosowania diety ubogiej we włókno pokarmowe [14].

Dieta bezglutenowa wymaga więc dużego wysiłku w celu jej urozmaicenia i prawidłowego doboru produktów. Powinna ona być urozmaicona produktami z natury wolnymi od glutenu, a wyroby bezglutenowe powinny być wzbogacane takimi surowcami. Należy do nich np. mąka gryczana, mąka jaglana, mąka sojowa, mąka z szarłatu, a także słonecznik, sezam, orzechy [2, 18, 19, 24, 25, 32].

Nie w pełni dotychczas wykorzystanym źródłem składników pokarmowych w produkcji wyrobów bezglutenowych wydają się być nasiona szarłatu (*amaranthusa*), które pod względem zawartości składników odżywczych przewyższają ziarna wszystkich zbóż uprawnych [2, 13, 35]. Mąka z szarłatu wyróżnia się zawartością białka sięgającą 19%, bogatego w aminokwasy egzogenne (zwłaszcza lizynę) i nie zawierającego białek glutenowych [4, 13, 20, 35]. Mąka ta zawiera większą ilość składników mineralnych w porównaniu ze wszystkimi zbożami, a zwłaszcza żelaza, potasu, wapnia i magnezu [20, 22]. Jest ona również zasobna we włókno pokarmowe (3-8%), którego znaczną część (15–20%) stanowi frakcja rozpuszczalna, wiążąca cholesterol zawarty w pokarmach [14, 34].

Dlatego też celem podjętych badań było ustalenie optymalnego dodatku mąki z szarłatu do wypieku chleba bezglutenowego, który nie pogarszając jakości, w widoczny sposób zwiększy jego wartość odżywczą.

## Material i metody badań

Materiałem badawczym były chleby bezglutenowe wypieczone według receptury opracowanej w badaniach wcześniejszych, w Katedrze Technologii Węglowodanów AR w Krakowie [8]: skrobia ziemniaczana – 120 g, skrobia kukurydziana – 432 g, mąka kukurydziana – 48 g, pektyna – 10,53 g, guma guar – 10,53 g, drożdże – 30 g, cukier – 36 g, sól – 10,5 g, olej – 18 cm<sup>3</sup>, L-lizyna – 0,23 g, L-treonina – 0,23 g, woda – 680 cm<sup>3</sup>.

W chlebach tych mąką z szarłatu, zakupioną w firmie „Szarłat” w Łomży, zastępowano część skrobi kukurydzianej w ilości: 5; 7,5; 10; 12 i 15% masy skrobi. Chleby wypiekano metodą pośrednią.

Objętość chlebów mierzono w materiale sypkim, a ocenę sensoryczną (metoda punktową) wykonano wg PN-89/ A-74108 [23]. Po 1,5-godzinnym chłodzeniu chleby ważono i wyliczano stratę wypiekową całkowitą oraz wydajność pieczywa [17].

Badając proces starzenia się uzyskanych chlebów, przechowywano je w woreczkach foliowych, stosowanych w piekarstwie do pakowania pieczywa, w temp. 23–24°C, przy wilgotności względnej komory przechowywania (cieplarki) – 64%, przez 4 dni i w kolejnych dniach oznaczano wilgotność miękiszu metodą suszarkową [17] oraz profil jego tekstury analizatorem tekstury typu TA-XT2 z oprogramowaniem XTR1, mierząc następujące parametry: twardość, sprężystość, spójność, gumowatość, żujność i elastyczność.

Wartość żywieniową i dietetyczną badanych chlebów oceniano przez oznaczenie w ich powietrznie suchej masie zawartości:

- białka ogółem – metodą Kjeldahla [17]. Destylację prowadzono w automatycznym zestawie Kjeltec Auto firmy Tecator;
- włókna pokarmowego – metodą Hellendoorna [28];
- tłuszczu surowego – metodą Soxhleta [17]. Ekstrakcję prowadzono w aparacie Büchi Extraction System B-811;
- składników mineralnych wyrażonych jako popiół całkowity [17];
- wybranych makro- i mikroelementów, takich jak: P, K, Ca, Mg, Cu, Zn i Fe, spektrofotometrem absorpcji atomowej PU 9100X firmy Philips, z korekcją tła prowadzoną przy użyciu lampy deuterowej [D<sub>2</sub>].

## Wyniki i dyskusja

Wszystkie zastosowane dodatki mąki z szarłatę spowodowały zwiększenie objętości uzyskanych chlebów w porównaniu z chlebem standardowym (tab. 1). Największy, ponad 40% wzrost objętości, nie ujęty w tab. 1., zaobserwowano przy 12 i 15% dodatku mąki z tego pseudozboża, lecz mimo ładnego wyglądu zewnętrznego, chleb ten został zdyskwalifikowany, z powodu komory powietrznej, utworzonej tuż pod skórą. Wydaje się, że nadmierny wzrost objętości tych chlebów i puste miejsce pod skórą spowodowane zostały szczególnym oddziaływaniem mąki z szarłatę na rozwój drożdży, co było sygnalizowane w pracach innych autorów. [12, 13]. Ponadto skrobia zawarta w mące z szarłatę wykazuje właściwości silnego hydrokoloidu [29, 30, 33], co w połączeniu z zastosowanymi według receptury gumą guar i pektyną, mogło spowodować za duży udział hydrokoloidów w cieście, w stosunku do skrobi. Wydaje się jednak, że te spostrzeżenia mogą być wykorzystane w dalszych badaniach, gdyż jest prawdopodobne, że dodając mąkę z szarłatę do chlebów bezglutenowych można będzie zmniejszyć w nich ilość gumy guar i pektyny, a być może całkowicie je zastąpić.

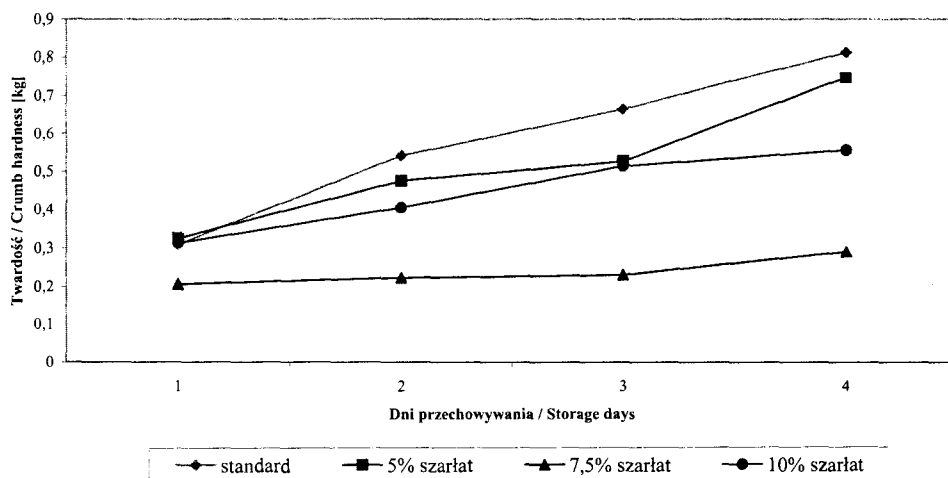
Tabela 1

Ocena chlebów z dodatkiem mąki z szarlatu  
 Evaluation of breads with addition of amaranthus flour

Rodzaj chleba Kind of bread	Masa pieczywa zimnego Weight of cold bread [g]	Objętość pieczywa Total volume [cm <sup>3</sup> ]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%]	Wilgotność miękkiszu Moisture of crumb [%]	Ocena sensoryczna Sensoric evaluation	
						Suma punktów Scores	Klasa jakości Grade
Chleb bezglutenowy Gluten free bread standard	212	520	177	15,2	45,7	40	I
Chleb bezglutenowy +5% szarlatu Gluten free bread +5% amaranthus	213	583	178	14,8	46,0	40	I
Chleb bezglutenowy +7,5% szarlatu Gluten free bread +7,5% amaranthus	215	624	179	14,0	45,9	40	I
Chleb bezglutenowy +10% szarlatu Gluten free bread +10% amaranthus	217	652	181	13,2	46,0	40	I

Pozostałe chleby zostały zakwalifikowane do I klasy jakości, a wśród nich największy, ponad 25% wzrost objętości zaobserwowano przy największym, 10% dodatku szarłatu. Taki właśnie dodatek zalecali inni autorzy, w odniesieniu do ilości użytej mąki pszennej lub żytniej, przy wypieku tradycyjnych chlebów [12, 13].

W miarę zwiększania ilości szarłatu w chlebach, zmniejszały się straty wypiekowe, a w niewielkim stopniu wzrastała wydajność pieczywa. Natomiast wilgotność miększu wszystkich badanych chlebów była zbliżona, niezależnie od ilości zastosowanego dodatku (tab. 1).



Rys. 1. Zmiany twardości miększu chleba bezglutenowego ze zróżnicowanym dodatkiem mąki z szarłatu, podczas przechowywania.

Fig. 1. Changes in crumb hardness of gluten free breads with different addition of amaranthus flour, during storage.

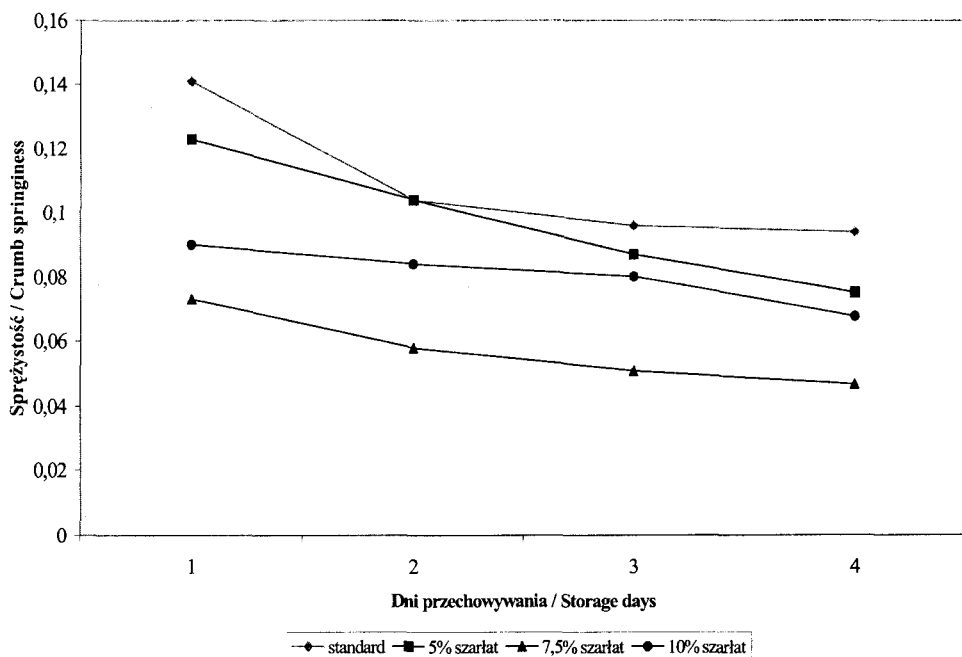
Dodatek mąki z szarłatu do chlebów bezglutenowych nie tylko korzystnie wpłynął na objętość chlebów, ale także wywarł znaczący wpływ na parametry tekstury ich miększu, zarówno w dniu wypieku, jak i podczas 3-dobowego przechowywania. Przede wszystkim zaobserwowano wyraźne oddziaływanie mąki tego pseudozboża na obniżenie twardości miększu od razu w dniu wypieku, a także zahamowanie jego twardnienia podczas procesu czerstwienia (rys. 1). Najkorzystniejszy pod tym względem okazał się 7,5% udział mąki z szarłatu w ocenianych chlebach. Efektu tego nie należy wiązać z wilgotnością miększu, gdyż podczas przechowywania nie zaobserwowano widocznych różnic w zmianach wilgotności miększu pomiędzy chlebem standardowym, a tymi z dodatkiem szarłatu (tab. 2).

Tabela 2

Zmiany wilgotności miękiszu chlebów bezglutenowych podczas przechowywania.  
Changes in bread crumb moisture of gluten free breads during storage.

Rodzaj chleba Kind of bread	Dni przechowywania Storage days	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%]
Chleb bezglutenowy Gluten free bread standard	1	46,4
	2	46,2
	3	46,1
	4	45,7
Chleb bezglutenowy +5% szarłatu Gluten free bread +5% amaranthus	1	46,8
	2	46,6
	3	46,3
	4	46,0
Chleb bezglutenowy +7,5% szarłatu Gluten free bread +7,5% amaranthus	1	46,7
	2	46,5
	3	46,3
	4	45,9
Chleb bezglutenowy +10% szarłatu Gluten free bread +10% amaranthus	1	46,9
	2	46,5
	3	46,2
	4	46,0

Prawdopodobnie ograniczenie twardnienia miękiszu zostało spowodowane obecnością tłuszczu w mące z szarłatu, a także innymi właściwościami zawartej w niej skrobi. Z badań dotyczących skrobi z szarłatu znana jest dużo mniejsza jej skłonność do procesu retrogradacji, w porównaniu z innymi skrobiami [1], a jak wiadomo, retrogradacja jest jednym z głównych czynników procesu twardnienia miękiszu [5, 7]. Ponieważ retrogradacja amylozy postępuje bardzo szybko, jej to właśnie przypisuje się znaczny wzrost twardości miękiszu już po pierwszej dobie przechowywania chlebów glutenowych [5, 7]. W chlebach bezglutenowych, bez udziału mąki z szarłatu, również zaobserwowano tę tendencję [8, 24]. Natomiast w badaniach tej pracy dał się zauważyć dodatni wpływ udziału skrobi z szarłatu na ograniczenie procesu retrogradacji, ponieważ nie zaobserwowano gwałtownego wzrostu twardości miękiszu po pierwszej dobie przechowywania (rys. 1), co można wiązać z obecnością w nim skrobi z tego pseudozboża, praktycznie uznawanej za skrobię amylopektynową – woskową [29, 33], rekrystalizującą znacznie wolniej.



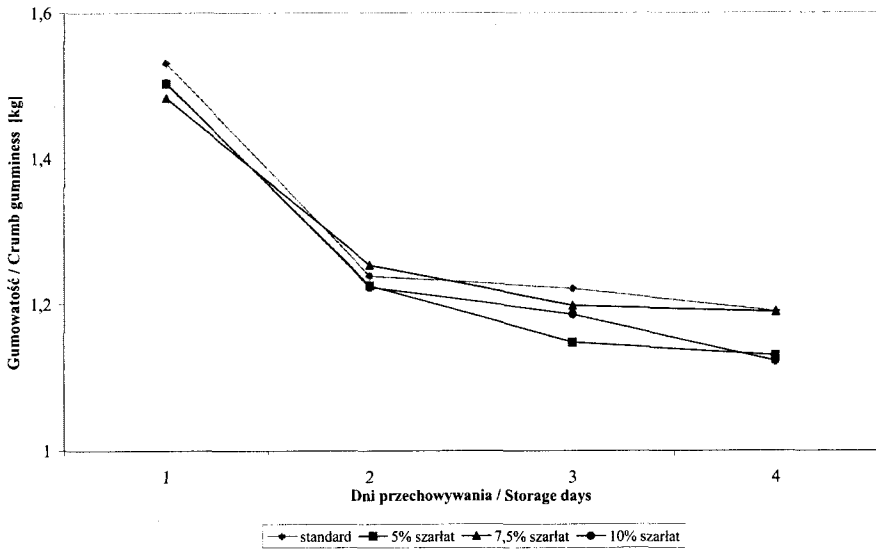
Rys. 2. Zmiany sprężystości miękiszu chleba bezglutenowego ze zróżnicowanym dodatkiem mąki z szarłatu, podczas przechowywania.

Fig. 2. Changes in crumb springiness of gluten free breads with different addition of amaranthus flour, during storage.

Ze względu na bardzo szybkie twardnienie chleba bezglutenowego wydaje się, że nawet niewielkie spowolnienie tego procesu można uznać za przyczynek do poprawy jakości takiego chleba [8, 24].

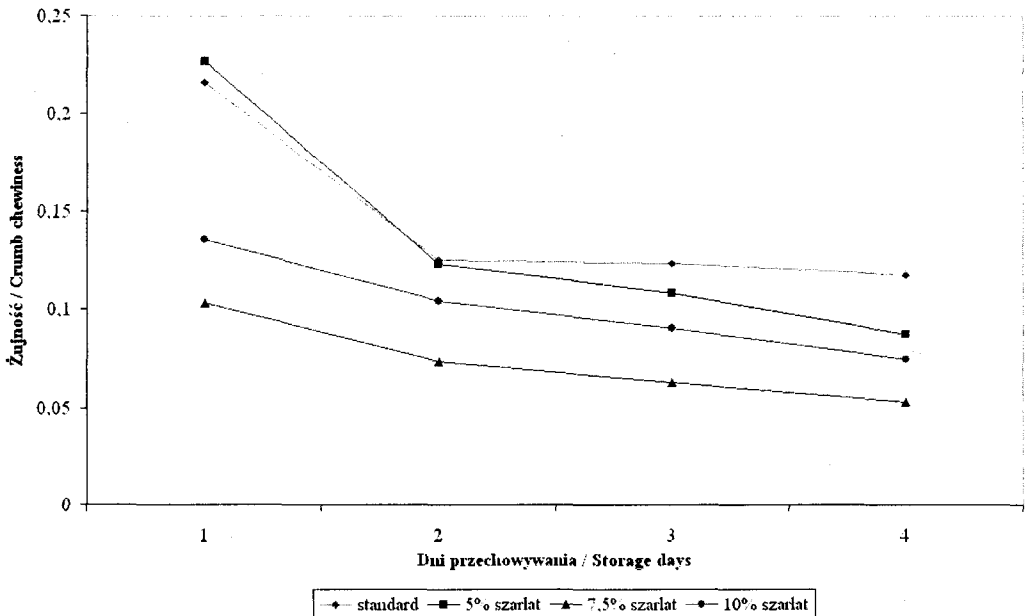
Począwszy od dnia wypieku wszystkie dodatki mąki z szarłatu wpłynęły także na zwiększenie spójności (rys. 6), zmniejszenie sprężystości miękiszu (rys. 2), nie zmieniając jego gumowatości (rys. 3) i elastyczności (rys. 5), w porównaniu z chlebem standardowym. Natomiast 7,5 oraz 10% udział mąki z szarłatu w chlebach bezglutenowych w widoczny sposób zmniejszył żujność ich miękiszu, począwszy od dnia wypieku przez cały okres przechowywania (rys. 4).

Ze wszystkich badanych parametrów profilu tekstury miękiszu, zmniejszenie twardości i zwiększenie jego spójności na skutek dodatku mąki z szarłatu, wydaje się być ważnym osiągnięciem badań prezentowanych w tej pracy. Zostały bowiem w ten sposób wyeliminowane niekorzystne cechy obserwowane podczas starzenia się chlebów bezglutenowych: szybkie twardnienie oraz nadmierne kruszenie się miękiszu podczas przechowywania.



Rys. 3. Zmiany gumowatości miękiszu chleba bezglutenowego ze zróżnicowanym dodatkiem mąki z szarlatu, podczas przechowywania.

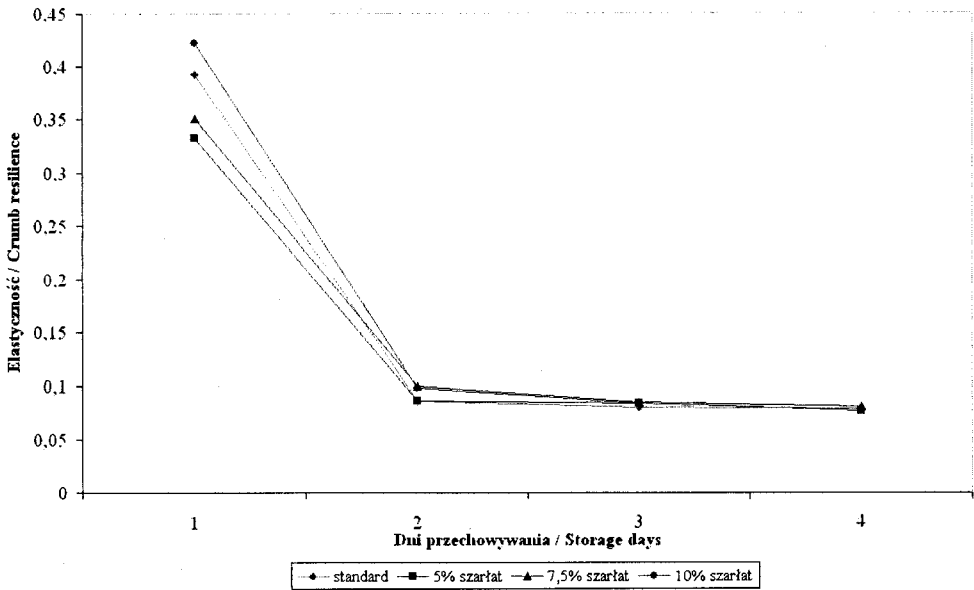
Fig. 3. Changes in crumb gumminess of gluten free breads with different addition of amaranthus flour, during storage.



Rys. 4. Zmiany żujności miękiszu chleba bezglutenowego ze zróżnicowanym dodatkiem mąki z szarlatu, podczas przechowywania.

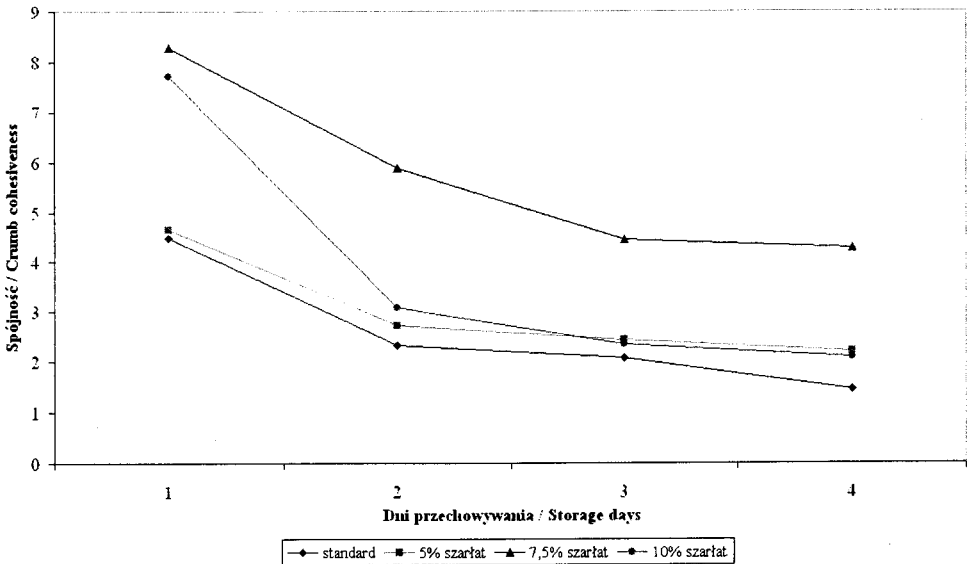
Fig. 4. Changes in crumb chewiness of gluten free breads with different addition of amaranthus flour, during storage.





Rys. 5. Zmiany elastyczności miększu chleba bezglutenowego ze zróżnicowanym dodatkiem mąki z szarłatu, podczas przechowywania.

Fig. 5. Changes in crumb resilience of gluten free breads with different addition of amaranthus flour, during storage.



Rys. 6. Zmiany spójności miększu chleba bezglutenowego ze zróżnicowanym dodatkiem mąki z szarłatu, podczas przechowywania.

Fig. 6. Changes in crumb cohesiveness of gluten free breads with different addition of amaranthus flour, during storage.

Tabela 3

Wpływ dodatku mąki z szarlatu na zawartość białka ogółem, tłuszczu surowego, włókna pokarmowego, popiołu całkowitego oraz wybranych makro- i mikroelementów w powietrznie suchej masie badanych chlebów.

Influence of amaranthus flour addition on content of total protein, raw fat, dietary fibre, total ash and selected macro- and microelements in the air dry mass of studied breads.

Rodzaj chleba Kind of bread	Białko ogółem Total protein (N*5,7) [%]	Tłuszcz surowy Raw fat [%]	Włókno pokarmowe Dietary fibre [%]	Popiół całkowity Total Ash [%]	mg/kg						
					P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe
Mąka z szarlatu Amaranthus flour	19,00	7,40	10,57	3,50	6550	5480	205	1640	6,46	41,6	96,9
Chleb bezglutenowy Gluten free bread standard	2,50	6,07	1,60	1,64	760	1250	76	137	0,54	6,75	12,0
Chleb bezglutenowy +5% szarlatu Gluten free bread +5% amaranthus	2,87	6,19	2,56	1,74	920	1410	92	219	0,68	7,42	16,2
Chleb bezglutenowy +7,5% szarlatu Gluten free bread +7,5% amaranthus	3,29	6,28	2,82	1,79	940	1430	99	227	0,75	7,56	18,7
Chleb bezglutenowy +10% szarlatu Gluten free bread +10% amaranthus	3,64	6,31	4,04	1,85	1090	1530	102	269	0,84	8,59	22,4

Oceniając wartość żywieniową chlebów bezglutenowych z dodatkiem mąki z szarłatki zauważa się sukcesywny wzrost zawartości białka ogółem, tłuszczu surowego, włókna pokarmowego oraz składników mineralnych (wyrażonych jako popiół całkowity), w miarę zwiększania się udziału mąki z tego pseudozboża (tab. 3). Przy 10% dodatku tej mąki zawartość białka zwiększyła się o 32%, tłuszczu o 4%, włókna pokarmowego o 152,5% oraz popiołu o 12%, w porównaniu z chlebem standardowym.

Szczególnie cenny wydaje się wzrost zawartości białka i włókna pokarmowego, gdyż chleby bezglutenowe uznawane są za bardzo deficytowe w odniesieniu do obu tych składników [14, 19], co wpływa niekorzystnie na rozwój, wzrost i funkcjonowanie osób chorych na celiakię, a zwłaszcza dzieci [18, 19].

Dodać należy, że wraz z dodatkiem mąki z *amaranthusa* wzbogacono chleby bezglutenowe w białko o bardzo wysokiej wartości biologicznej, przewyższającej wartość biologiczną białek mleka [10, 20].

Wraz ze znacznym zwiększeniem zawartości włókna pokarmowego w badanych chlebach zmniejsza się ryzyko zachorowania spożywających je osób na choroby cywilizacyjne tj. nowotwory jelita grubego i miażdżycy naczyń krwionośnych [10, 14].

Wprawdzie nie zaobserwowano dużego wzrostu zawartości tłuszczu w chlebach z dodatkiem mąki *amaranthusowej*, ale tłuszcz ten wzbogacił oceniane chleby w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe [10].

W badaniach wcześniejszych udowodniono, że nasiona szarłatki zawierają większą ilość składników mineralnych w porównaniu ze wszystkimi zbożami uprawnymi [20, 22]. Wyniki badań zawarte w tej pracy popierają te dane, ponieważ wraz ze zwiększającymi się dodatkami mąki z szarłatki, w ocenianych chlebach dał się zauważyć znaczący wzrost wybranych makro- i mikroelementów, w porównaniu z chlebem standardowym (tab. 3). Przy 10% zastąpieniu skrobi mąką z szarłatki oznaczono wzrost zawartości P – o 43%, K – o 22%, Ca – o 34%, Mg – o 96%, Cu – o 55,5%, Zn – o 27% i Fe o 87%.

Przy udowodnionym niedoborze wapnia, żelaza i cynku u osób chorych na celiakię, wzbogacenie chlebów bezglutenowych w te pierwiastki wydaje się dużym osiągnięciem przedstawionych badań. Wiadomo bowiem, że brak odpowiedniej ilości składników mineralnych w pożywieniu, w odpowiednio przyswajalnej formie, lub też gdy zachwiana jest ich równowaga, prowadzi do mniejszej lub większej utraty zdrowia. Dlatego też uzupełnianie braków np. żelaza i wapnia za pomocą żywności, stało się normalną procedurą w USA, Wielkiej Brytanii i w krajach skandynawskich [16].

Cenny jest też prawie dwukrotny wzrost Mg, który obok potasu jest najważniejszym kationem wewnątrzkomórkowym, aktywującym około 300 enzymów [9]. Wzbogacanie żywności w magnez w przypadku ludzi zdrowych nie jest na ogół stosowane na świecie. Mimo wielu badań epidemiologicznych nie ma jasnego poglądu wśród lekarzy i żywieniowców, czy spożycie tego pierwiastka w skali populacyjnej jest zbyt

niskie. Objawy kliniczne niedoboru magnezu mogą występować jedynie w przypadku nadużywania alkoholu, czy też zaburzeń wchłaniania jelitowego, niedożywienia białkowego czy też przewlekłych biegunek, a więc u ludzi (zwłaszcza dzieci) chorych na celiakię [31]. O ile w przypadku ludzi zdrowych najlepszym sposobem zapewnienia odpowiedniej podaży magnezu jest uwzględnienie w racji pokarmowej produktów zbożowych, z natury bogatych w ten pierwiastek, jak np. ciemne pieczywo czy gruboziarniste kasze [31], to w przypadku osób chorych na celiakię jest to niemożliwe. Dlatego też udostępnienie chorym podaży tego pierwiastka zawartego w chlebach bezglutenowych z mąką amaranthusową jest godne polecenia i zastosowania w komponowaniu odpowiedniej diety.

Zasługujący na uwagę jest też wzrost zawartości cynku, ponieważ pierwiastek ten wchodzi w skład ponad 80 enzymów i jego niewielki niedobór powoduje m. in. opóźniony rozwój dzieci, trądzik u młodzieży, uszkodzenie skóry, bezpłodność, osłabienie zmysłu smaku. Dlatego na Węgrzech wzbogacanie pieczywa w cynk polega na dodaniu do mąki 1% nieaktywnych, specjalnych drożdży piekarskich, o podwyższonej zawartości składników mineralnych [21].

Szczególną uwagę należy zwrócić na znaczący wzrost zawartości jonów żelaza w badanych chlebach, bowiem jeden z najbardziej powszechnych, współczesnych problemów żywieniowych zaobserwowanych na świecie związany jest z niedoborem żelaza w organizmach ludzi, zarówno społeczeństw rozwijających się, jak i rozwiniętych gospodarczo [21]. Niedobór tego pierwiastka u dzieci może być przyczyną nieodwracalnego, słabszego uczenia się, a u dorosłych może wpłynąć niekorzystnie na sprawność i wydajność pracy [21].

W Anglii żelazo jest substancją, którą na mocy prawa należy dodawać do mąki [16]. W Polsce podjęto pewne inicjatywy dotyczące wzbogacania chleba siarczanem żelazawym, ale są to na razie próby [21]. Znacznie bardziej korzystnym wydaje się dodatek mąki z szarłatu, zwłaszcza do chlebów bezglutenowych, ponieważ zawarte w niej jony żelaza występują w formie łatwo przyswajalnej dla organizmu [22].

## Wnioski

1. Dodatek mąki z szarłatu do wypieku chlebów bezglutenowych w ilości do 10% masy skrobi spowodował wzrost objętości i wydajności uzyskanych chlebów, nie pogarszając ich oceny sensorycznej.
2. Udział mąki z szarłatu (zwłaszcza w ilości 7,5% masy skrobi) zdecydowanie wpłynął na zahamowanie procesu twardnienia miękiszu chlebów bezglutenowych.
3. Poczawszy od dnia wypieku, wszystkie dodatki mąki z szarłatu spowodowały zwiększenie spójności miękiszu chlebów bezglutenowych, eliminując jego nadmierne kruszenie się podczas przechowywania.

4. Udział mąki z szarłat w chlebach bezglutenowych, wzbogacił je w cenne białko, włókno pokarmowe oraz szereg makro- i mikroelementów. Zawartość tych składników zwiększała się sukcesywnie w miarę wzrostu dodatku mąki z tego pseudozboża.
5. Do praktycznego zastosowania w przyszłej produkcji zaleca się nie większe niż 10% zastępowanie skrobi w chlebach bezglutenowych mąką z szarłat.

## LITERATURA

- [1] Baker L.R., Rayas-Duarte P.: Retrogradation of amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugar. *Cereal Chem.*, **75** (3), 1998, 308-314.
- [2] Bartnik M.: Nietolerancja glutenu. *Przem. Spoż.*, **53** (7), 1999, 33-34.
- [3] Białka w żywności i żywieniu. Gawęcki J.: (pod red.), Instytut Danone, Fundacja Promocji Zdrowego Żywienia, Warszawa, 1998.
- [4] Brummer J.M., Morgenstern G.: Backe Eigenschaften der Pseudo-Cerealien Amarant und Quinoa, Bericht über 42. Tagung fur Getreidechemie. Detmold 1991, s.33.
- [5] D'Appolonia B. L. Morad M. M.: Bread staling. *Cereal Chem.*, **58**, 1981, 186-190.
- [6] Fritschy F., Windemann H., Baumgartner E.: Bestimmung von Weizengliadinen in Lebensmitteln mittels ELISA. *Z. Lebensmittel Untersuchung u. Forschung.*, **181** (5), 1985, 379-385.
- [7] Gambuś H.: Wpływ fizyczno-chemicznych właściwości skrobi na jakość i starzenie się pieczywa (badania modelowe). *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, Rozprawy nr 226*, 1997.
- [8] Gambuś H.: Nowotna A., Berski W., Gumul D.: Badania nad poprawieniem jakości chleba bezglutenowego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Ser. Technologia Żywności*, **12** (2), 2000, 65-76.
- [9] Gawęcki J., Hryniewiecki L.: Żywnie człowieka – podstawy nauki o żywieniu. PWN, Warszawa, 1998.
- [10] Gontarczyk M.: Szarłat uprawny – *Amaranthus* spp. W: Nowe rośliny uprawne. Wyd. SGGW, Warszawa 1996, 21-43.
- [11] Gregorek H., Stolarczyk A., Kunachowicz H., Kowalik A., Socha J., Madaliński K.: Ocena zawartości glutenu w produktach dietetycznych stosowanych w Polsce w leczeniu celiakii. *Żywnie Człowieka*, **21** (3), 1994, 233-242.
- [12] Haber T., Haberowa H., Lewczuk J.: Wykorzystanie nasion amarantusa w piekarnictwie. *Rocz. Nauk. Roln. Seria A*, **111** (1-2), 1995, 37-40.
- [13] Haber T.: Celowość i możliwości wykorzystania szarłat i komosy ryżowej w technologii żywności. W: Nowe rośliny uprawne. Wyd. SGGW, Warszawa, 1996, 59-75.
- [14] Hasik J., Bartnikowska E.: Włókno roślinne w żywieniu człowieka. PZWL, Warszawa 1987.
- [15] Hekkens W. Th. J. M., van Twist de Graaf M.: What is gluten free – levels and tolerances in the gluten – free diet. *Nahrung*, **34** (5), 1990, 483-487.
- [16] Hinton J. J. C., Carter J. E., Moran T.: The addition of iron to flour. *J. Food Technol.*, **7**, 1967, 12-14.
- [17] Jakubczyk T., Haber T. (red): Analiza zbóż i przetworów zbożowych. SGGW-AR Warszawa 1983.
- [18] Kłys W., Kunachowicz H.: Produkty bezglutenowe i ich rola w leczeniu celiakii. *Przegl. Piek. i Cuk.*, **44** (9), 1996, 8-9 i 11.
- [19] Kunachowicz H., Nadolna J., Iwanow K., Rutkowska U.: Ocena wartości odżywczej wybranych produktów bezglutenowych. *Żyw. Człow. i Metab.*, **23**, 1996, 99-108.
- [20] Nalborczyk E.: *Amaranthus* roślina uprawna ponownie odkryta. W: *Amaranthus*, dod. do *Przegl. Piek. i Cuk.*, **43** (6), 1995, 4.

- [21] Piesiewicz H.: Konsumpcja pieczywa w Polsce na tle nowoczesnych tendencji w żywieniu. Cz. II. Znaczenie związków mineralnych. *Przegl. Piek. i Cuk.*, **44** (4), 1996, 4-7.
- [22] Piesiewicz H., Ambroziak Z.: *Amaranthus* – aspekty żywieniowe. W: *Amaranthus*, dod. do *Przegl. Piek. Cuk.*, **43** (6), 1995, 2-3.
- [23] PN-89/A-74108 – Pieczywo. Metody badań i ocena punktowa.
- [24] Pordąb Z., Radoła A., Nowak A.: Nowe chleby bezglutenowe. *Przem. Spoż.*, **59** (1), 1999, 10-12.
- [25] Ranhotra G.S., Loewe R.J., Puyat L.V.: Preparation and evaluation of soy-fortified gluten free bread. *J. Food Sci.*, **40**, 1975, 62-64.
- [26] Rujner J.: Celiakia – postacie kliniczne i rozpoznawanie. *Klinika*, **2** (4), 1993, 24-26.
- [27] Rujner J.: Celiakia – postacie kliniczne, rozpoznawanie i leczenie. *Klinika Pediatryczna*, **3** (1), 1995, 4-7.
- [28] Rutkowska M. (red): *Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności*. PZWL, Warszawa 1981, 178-179.
- [29] Saunders R. M. Becker R.: *Amaranthus*: A Potential Food and Feed Resource. *Adv. Cereal Sci. Techn.*, **6**, 1984, 357-396.
- [30] Singhal R. S., Kulkarni P. R.: Some properties of *Amaranthus paniculatas* (Rajgeera) starch pastetes. *Starch/Stärke*, **42** (1), 1990, 5-7.
- [31] Składniki mineralne w żywieniu człowieka, Praca zbiorowa pod red. A. Brzozowskiej. Wyd. AR w Poznaniu, 1999, 90-100.
- [32] Smith E.B.: Gluten – free breads for patients with uremia. *J. Am. Dietetic Association*, **59**, 1971, 572-574.
- [33] Tomita Y., Sugimoto Y., Sakamoto S., Fuwa H.: Some properties of starches of grain amaranths and several millets. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **27**, 1981, 471-484.
- [34] Tosi E.A., Re' E., Lucero H., Masciarelli R.: Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. *Food Chem.*, **73**, 2001, 441-443.
- [35] Williams J.T., Brenner D.: *Grain amaranth (Amaranthus species)*, W: J. T. Williams: *Cereal and Pseudocereals*. Champan a. Hall, London 1995, 129-186.
- [36] Ylimaki G., Hawrysh Z.J., Hardin R.T., Thomson A.B.R.: Response surface methodology in the development of rice flour yeast breads: sensory evaluation. *J. Food Sci.*, **56** (3) 1991, 751-759.

## THE RESEARCH ON QUALITY IMPROVEMENT OF GLUTEN FREE BREAD BY AMARANTHUS FLOUR ADDITION

### S u m m a r y

In gluten free breads: 5, 7.5, 10, 12 and 15% amount of corn starch provided by recipe was replaced by amaranthus flour in order to increase the nutritious value. It was stated, that addition of 10% amount of flour caused an increase in volume and efficiency of the obtained breads, with no deterioration of their sensoric evaluation. The participation of amaranthus flour (especially in amount of 7.5% in comparison to mass of starch) definitely influenced on slowing down the process of gluten free bread crumb hardening, simultaneously increasing its cohesiveness and eliminating the excessive crumbling during storage period. The participation of amaranthus flour in gluten free breads enriched them in valuable protein, fiber and numerous macro- and microelements. The amounts of these compounds successively increased with the increasing share of the amaranthus flour, and at 10% addition this increase was respectively: protein – 32%, fiber – 152%, P – 43%, K – 21%, Ca – 34%, Mg – 96%, Cu – 55%, Zn – 27%, Fe – 87%, in comparison with standard bread. For commercial use it's recommended the addition in amount not greater than 10 % of the replaced starch by amaranthus flour in gluten free breads. ☒