

HALINA GAMBUŚ

**NASIONA LNU OLEISTEGO (*LINUM USITATISSIMUM* L) JAKO
ŹRÓDŁO SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH W CHLEBIE
BEZGLUTENOWYM**

Streszczenie

Ze względu na unikatowy skład chemiczny nasion lnu oleistego oraz brak w nich białek glutenowych, użyto je w formie zmielonej do wypieku chlebów bezglutenowych, zastępując nimi skrobię w ilości 7,5, 10 i 12,5% jej masy. Udział nasion lnu spowodował istotny wzrost objętości uzyskanych chlebów, nie pogarszając wydajności i cech sensorycznych oraz ograniczył twardnienie ich miększu podczas przechowywania. Istotnie zwiększyła się w tych chlebach zawartość składników żywieniowych i dietetycznych, tj. białka ogółem, tłuszczu surowego, włókna pokarmowego (zwłaszcza frakcji rozpuszczalnej) i wielu oznaczonych makro- i mikroelementów, oraz kilkakrotnie wzrosła zawartość kwasu α -linolenowego.

Słowa kluczowe: chleb bezglutenowy, kwas α -linolenowy, len oleisty

Wprowadzenie

Celiakia (nietolerancja glutenu) należy do nielicznych chorób, obok fenyloketonurii i cukrzycy, w których zachodzi ścisła zależność pomiędzy spożywanymi produktami i poważnymi zaburzeniami ogólnoustrojowymi [28]. Dieta bezglutenowa jest jedynym skutecznym sposobem leczenia celiakii, a skuteczność tej diety zależy od ścisłego, rygorystycznego jej przestrzegania, często przez całe życie [3]. Z pożywienia należy wyeliminować wszelkie przetwory z surowców zawierających gluten, a więc z pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa, a zastąpić je bezglutenowymi: kukurydzą, ryżem, prosem, a w miejsce mąki pszennej czy żytniej stosować różne skrobię (pszenną, ryżową, kukurydzianą i ziemniaczaną) lub odpowiednio sporządzone mieszanki tych skrobi [12, 28]. Ma to swoje określone konsekwencje technologiczne: bardzo trudne, a często wręcz niemożliwe jest uformowanie ciasta z surowców niezawierających glutenu. Stąd też, oprócz urozmaicenia diety, jest to jeden z najważniejszych problemów przy opracowywaniu receptur i technologii wyrobów bezglutenowych [29].

Wyroby bezglutenowe odznaczają się znacznie mniejszą wartością żywnościową, w porównaniu z tradycyjnymi produktami zbożowymi. Dotyczy to zwłaszcza zawartości włókna pokarmowego, składników mineralnych i białka [4, 16, 24]. Około 45% dziennego zapotrzebowania na białko w diecie zdrowych ludzi pokrywają produkty zbożowe (w tym 16-23% przypada na pieczywo) całkowicie wyeliminowane z diety bezglutenowej. Duża część produktów bezglutenowych to jednocześnie produkty bezbiałkowe, dlatego w literaturze fachowej udokumentowano wpływ celiakii na zahamowanie wzrostu i masy ciała w dzieciństwie [14, 26, 28]. Wykazano również ryzyko wystąpienia poważnych niedoborów wielu składników mineralnych i witamin oraz przewlekłe obstrukcje u osób chorych na celiakię [3, 14, 24].

Możliwość modyfikacji i wzbogacania pieczywa w składniki odżywcze pozwala na bilansowanie profilu odżywczego tego produktu i wyrównywanie strat składników pokarmowych powodowanych przetwarzaniem – zwłaszcza w pieczywie bezglutenowym. Do surowców pochodzenia roślinnego wzbogacających pieczywo bezglutenowe należą: zboża alternatywne (szarłat i komosa ryżowa), nasiona roślin oleistych i strączkowych oraz ich przetwory, zioła a także koncentraty i izolaty białkowe z nasion roślin strączkowych [8, 14, 24, 28].

Ze względu na unikatowy skład chemiczny nasion lnu oleistego (ponad 20% białka, ponad 30% włókna pokarmowego w większości rozpuszczalnego w wodzie, ponad 40% tłuszczu, w którym przeważają niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – NNKT, a zwłaszcza deficytowy w diecie kwas α -linolenowy – C18:3, n-3) [8, 9, 19] oraz fakt, że substancje białkowe siemienia lnianego nie zawierają białek glutenowych, celem podjętych badań była próba użycia zmielonych nasion lnu oleistego dwóch odmian: brązownasiennej polskiej odmiany Opal i żółtonasiennej węgierskiej odmiany Hungarian Gold (zaaklimatyzowanej już w polskich warunkach) [10], do wypieku chlebów bezglutenowych, ustalenie optymalnego udziału tych nasion, zbadanie jakości konsumenckiej, procesu starzenia się oraz składu chemicznego takich chlebów.

Materiał i metody badań

Materiałem badawczym były chleby bezglutenowe wypieczone według receptury opracowanej w badaniach wcześniejszych w Katedrze Technologii Węglowodanów AR w Krakowie [11], w których skrobię kukurydzianą i ziemniaczaną zastępowano zmielonymi nasionami lnu obu wyżej wymienionych odmian, w ilości 7,5, 10 i 12,5% masy skrobi.

Chleby wypiekano metodą bezpośrednią, objętość chlebów mierzono w materiale sypkim, a ocenę sensoryczną (metodą punktową) wykonano wg PN-A-74108:1996 [23]. Po 1,5-godzinnym chłodzeniu chleby ważono i wyliczano stratę wypiekową całkowitą oraz wydajność pieczywa [2]. Badając proces starzenia się uzyskanych chlebów przechowywano je w woreczkach foliowych, stosowanych w piekarstwie do pakowania pieczywa, w stałych warunkach przez 72 h i w kolejnych dniach oznaczano wilgotność miękkiszu metodą suszarkową [23] oraz profil jego tekstury analizatorem

tekstury typu TA XT2 z oprogramowaniem XTR₁, mierząc następujące parametry: twardość, odbojność, spójność, żujność i sprężystość.

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

- białka ogółem, tłuszczu surowego, popiołu całkowitego, włókna pokarmowego (frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej), metodami AOAC [1],
- wybranych makro- i mikroelementów, takich jak: P, K, Ca, Mg, Cu, Zn i Mn, spektrofotometrem absorpcji atomowej PU 9100X firmy Philips, z korekcją tła prowadzoną przy użyciu lampy deuterowej (D₂),
- zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w ich sumie, czyli profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu zawartym w chlebach, chromatografem gazowym Agilent 3400 CX, z detektorem FID. Gazem nośnym był hel. Stosowano kolumnę BPX-700, utrzymując jej temp. w zakresie 140–210°C.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wykonując jednoczynnikową analizę wariancji przy użyciu programu statystycznego STAT Skierniewice. Istotność różnic weryfikowano testem Duncana.

Wyniki i dyskusja

Wszystkie zastosowane dodatki zmielonych nasion lnu oleistego spowodowały istotne zwiększenie objętości chlebów bezglutenowych, w porównaniu z chlebem standardowym. Największy wzrost objętości (o 16%) zaobserwowano przy 12,5-procentowym dodatku nasion lnu żółtego (tab. 1).

Żaden z dodatków nasion lnu nie wywarł istotnego wpływu, zarówno na wydajność, jak i stratę wypiekową. Żaden z dodatków nie pogorszył również jakości sensorycznej, gdyż podobnie do chleba standardowego, chleby z udziałem nasion lnu zostały zakwalifikowane do pierwszej klasy jakości (tab. 1).

Analizując zmiany wilgotności miękiszu badanych chlebów można stwierdzić, że ubytek wody z miękiszu, począwszy od dnia wypieku poprzez kolejne trzy dni przechowywania był niewielki (0,2–,7% – tab. 2 i 3).

W badaniach profilu tekstury miękiszu chlebów bezglutenowych podczas przechowywania zaobserwowano istotne oddziaływanie zmielonych nasion lnu na zmniejszenie twardości miękiszu, a najkorzystniejszy pod tym względem okazał się 12,5-procentowy udział żółtych zmielonych nasion lnu oleistego odmiany Hungarian Gold (tab. 2, rys. 1). Prawdopodobnie obecność tłuszczu zawartego w nasionach lnu oleistego wpłynęła na zahamowanie procesu twardnienia.

Tabela 1

Ocena jakości chlebów bezglutenowych z dodatkiem zmielonych nasion lnu oleistego.

Quality of gluten-free bread supplemented with linseed meal.

Rodzaj chleba Kind of bread	Masa chleba zimnego Weight of cold bread [g]	Objętość chleba Bread volume [cm ³]	Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100 g flour [cm ³]	Wydajność pieczywa Yield of bread [%]	Strata wypiekowa całkowita Total baking loss [%]	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb [%]	Ocena sensoryczna Sensory evaluation	
							Suma punktów Scores	Klasa jakości Grade
Standard	213 a	588 a	463 a	167 a	14,8 a	52,8 a	40	I
Standard + 7,5% len żółty + 7,5 % yellow linseed	210 a	645 b	508 b	166 a	16,0 a	53,0 b	40	I
Standard + 10% len żółty + 10 % yellow linseed	211 a	643 b	507 b	167 a	15,5 a	52,9 a	40	I
Standard + 12,5% len żółty + 12,5 % yellow linseed	209 a	681 c	534 c	165 a	16,4 a	52,9 a	40	I
Standard + 7,5% len brązowy + 7,5 % brown linseed	212 a	631 b	497 b	168 a	15,0 a	53,3 b	40	I
Standard + 10% len brązowy + 10 % brown linseed	212 a	624 b	502 b	168 a	15,0 a	53,3 b	40	I
Standard +12,5% len brązowy + 12,5 % brown linseed	214 a	625 b	492 b	169 a	14,5 a	53,3 a	40	I

Wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Values marked by the same letters do not differ at significance level $\alpha = 0.05$.

Tabela 2

Parametry tekstury i wilgotność miękiszu chlebów bezglutenowych wyprodukowanych z udziałem żółtych nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.
The texture and moisture crumbs parameters of gluten-free breads baked with yellow linseeds added while storing the breads.

Dzień przechowywania Subsequent day of storing	Rodzaj chleba Kind of bread	Twardość Hardness [kG]	Odbojność Springiness	Spójność Cohesiveness	Żujność Chewiness	Sprężystość Resilience	Wilgotność Moisture [%]
0	Standard	0,32 b	1 a	0,53 a	0,28 a	0,36 a	52,8 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,31 b	1a	0,67 b	0,24 a	0,45 b	53,0 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,24 a	1a	0,80 c	0,21 a	0,51 b	52,9 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,24 a	1a	0,78 c	0,20 a	0,49 b	52,9 a
1	Standard	0,64 b	0,98 a	0,33 b	0,20 c	0,13 c	52,6 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,33 a	0,97 a	0,26 a	0,08 a	0,09 a	52,6 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,37 a	0,99 a	0,25 a	0,10 b	0,09 a	52,8 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,33 a	0,97 a	0,26 a	0,09 a	0,11 b	52,7 a
2	Standard	0,75 c	0,96 a	0,32 b	0,20 b	0,12 b	52,5 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,38 b	0,94 a	0,23 a	0,08 a	0,08 a	52,5 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,39 b	0,99 a	0,24 a	0,09 a	0,08 a	52,6 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,34 a	0,93 a	0,22 a	0,07 a	0,08 a	52,6 a
3	Standard	0,79 c	0,95 a	0,28 d	0,20 b	0,11 b	52,4 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,45 a	0,92 a	0,19 a	0,08 a	0,08 a	52,3 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,48 b	0,96 a	0,23 c	0,08 a	0,08 a	52,5 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,46 a	0,91 a	0,21 b	0,07 a	0,07 a	52,5 a

Wartości oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Values marked by the same letters do not differ at significance level $\alpha = 0.05$.

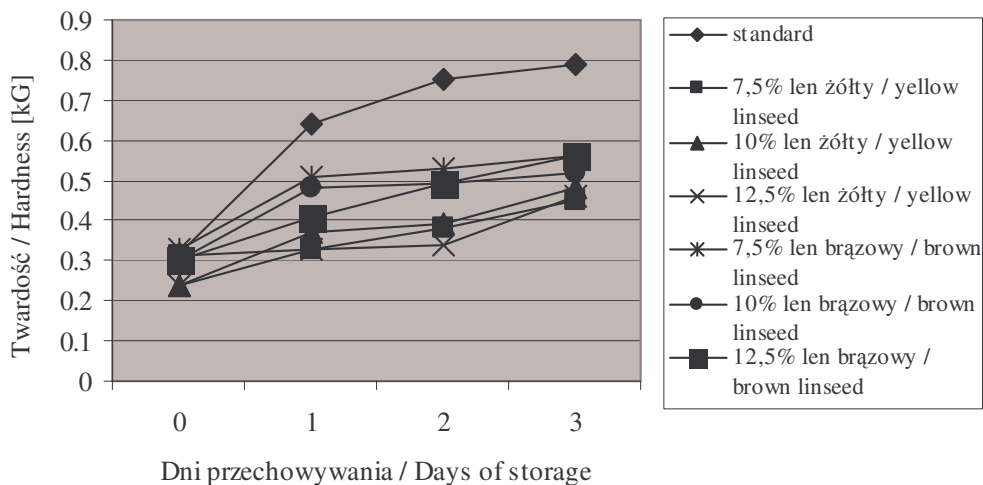
Tabela 3

Parametry tekstury i wilgotność miękiszu chlebów bezglutenowych, wyprodukowanych z udziałem brązowych nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.
The texture and moisture crumbs parameters of gluten-free breads baked with brown linseeds added while storing the breads.

Dzień przechowywania Subsequent day of storing	Rodzaj chleba Kind of bread	Twardość Hardness [kG]	Odbojność Springiness	Spójność Cohesiveness	Żujność Chewiness	Sprężystość Resilience	Wilgotność Moisture [%]
0	Standard	0,32 ab	1 b	0,53 a	0,28 c	0,36 a	52,8 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,34 b	0,99 a	0,52 a	0,19 a	0,34 a	53,3 b
	Standard + 10% nasion / seeds	0,30 a	1b	0,62 b	0,23 b	0,47 c	53,3 b
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,30 a	1b	0,69 b	0,23 b	0,42 b	53,3 b
1	Standard	0,64 c	0,98 a	0,33 c	0,20 c	0,13 b	52,6 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,51 b	0,98 a	0,26 b	0,12 b	0,10 a	53,1 ab
	Standard + 10% nasion / seeds	0,48 ab	0,98 a	0,26 b	0,12 b	0,10 a	53,2 b
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,41 a	0,98 a	0,22 a	0,11 a	0,08 a	53,2 b
2	Standard	0,75 c	0,96 a	0,32 c	0,20 c	0,12 b	52,5 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,53 b	0,96 a	0,24 b	0,11 b	0,08 a	53,0 b
	Standard + 10% nasion / seeds	0,49 a	0,98 a	0,23 b	0,11 b	0,09 a	53,2 b
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,49 a	0,97 a	0,21 a	0,10 a	0,07 a	53,0 b
3	Standard	0,79 b	0,95 a	0,28 c	0,20 c	0,11 b	52,4 a
	Standard + 7,5% nasion / seeds	0,56 a	0,95 a	0,21 a	0,11 b	0,08 a	52,9 a
	Standard + 10% nasion / seeds	0,52 a	0,96 a	0,23 b	0,10 b	0,09 a	52,6 a
	Standard + 12,5% nasion / seeds	0,56 a	0,95 a	0,21 a	0,08 a	0,07 a	52,9 a

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

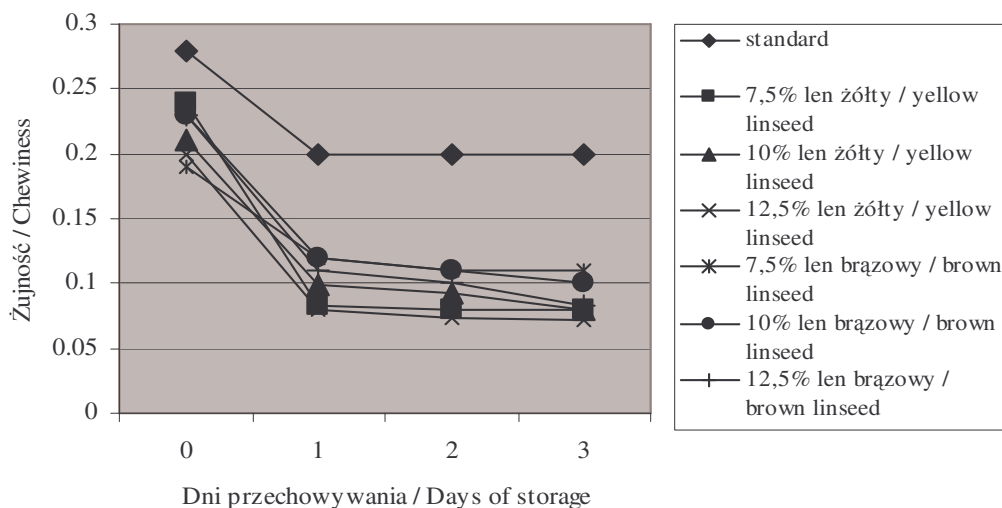
Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of $\alpha = 0.05$.



Rys. 1. Zmiany twardości miększu chleba bezglutenowego z udziałem nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.

Fig. 1. Changes in the crumb hardness of gluten-free breads with linseeds occurring when storing the breads.

W chlebach bezglutenowych w istotny sposób zmniejszyła się też żujność miększu, począwszy od dnia wypieku i przez cały okres przechowywania, niezależnie od zastosowanej formy lnu oleistego (tab. 2 i 3, rys. 2). Tę korzystną zmianę również należy przypisać obecności w chlebach tłuszczu pochodzącego ze zmielonych nasion lnu oleistego.



Rys. 2. Zmiany żujności miększu chleba bezglutenowego z udziałem nasion lnu oleistego, podczas przechowywania.

Fig. 2. Changes in chewiness of crumbs of gluten-free breads with linseeds while storing the breads.

Świeże chleby bezglutenowe z dodatkami zmielonych nasion lnu charakteryzowały się większą spójnością w odniesieniu do chleba standardowego (z wyjątkiem 7,5-procentowego dodatku nasion lnu brązowego). W kolejnych dniach przechowywania wartości tego parametru tekstury istotnie ulegały jednak znacznemu obniżeniu w porównaniu ze standardem (tab. 2 i 3).

Odbojnością miększu chleby ze zróżnicowanym udziałem nasion obu form lnu oleistego nie odbiegały od chleba standardowego, natomiast w dniu wypieku, dodatek nasion lnu korzystnie wpłynął na sprężystość miększu (tab. 2 i 3), po czym już po pierwszej dobie przechowywania cecha ta uległa pogorszeniu, w porównaniu ze standardem.

Oceniając wartość żywieniową chlebów bezglutenowych zaobserwowano sukcesywny i istotny wzrost zawartości składników pokarmowych w miarę zwiększania się w chlebach udziału nasion lnu. Najcenniejszy wydaje się wzrost zawartości białka i włókna pokarmowego, gdyż chleby bezglutenowe uznaje się za bardzo deficytowe w odniesieniu do obu tych składników [13], co wywiera niekorzystny wpływ na rozwój, wzrost i funkcjonowanie osób chorych na celiakię, zwłaszcza dzieci [14, 16]. Przy 12,5-procentowym dodatku żółtych nasion lnu zawartość białka zwiększyła się o 77% oraz związków mineralnych oznaczonych w postaci popiołu o 19,5%, w porównaniu z pierwotną zawartością w chlebie standardowym (tab. 4). Białko zawarte w nasionach lnu, którymi został wzbogacony chleb bezglutenowy, jest stosunkowo łatwo przyswajalne, o strawności od 85 do 90% i uznawane za jedno z bardziej odżywczych wśród białek roślinnych [20, 30].

Białko lniane może wpływać na poziom glukozy we krwi, ze względu na jego interakcje z gumami, a także przez stymulowanie wydzielania insuliny, co powoduje obniżenie wskaźnika glikemicznego [19, 21].

Białka o dużej ilości aminokwasów rozgałęzionych (BCAA: walina, leucyna, izoleucyna), niewielkiej ilości aminokwasów aromatycznych (AAA: fenyloalanina i tyrozyna) i wysokim współczynnikiem Fischera (BCAA/AAA) są poszukiwane przez producentów funkcjonalnej żywności na specjalne potrzeby, np. dla niedożywionych pacjentów chorych na raka oraz w celu wspomagania żywieniowego dzieci z chroniczną lub ostrą chorobą trzewną lub alergią na białka mleka [21, 31].

Białka lniane oraz ich poszczególne frakcje zawierają dużo BCAA (25 g/100 g białka) oraz mają wysoki współczynnik Fischera (2,0), porównywalny z soją (2,1) [6]. Białko lniane jest też znakomitym źródłem argininy, glutaminy i histydyny (34,8 g/100 g białka, przy 32,1 g w białku soi), trzech aminokwasów znanych z silnego wpływu na funkcje immunologiczne organizmu [7, 17, 18].

W przypadku zawartości włókna pokarmowego oznaczono około 6-krotny wzrost zawartości rozpuszczalnej frakcji tego składnika w chlebie z 12,5-procentowym udziałem nasion lnu, w porównaniu z chlebem standardowym (tab. 4). Tak znaczny wzrost zawartości włókna pokarmowego w badanych chlebach zmniejsza ryzyko

zachorowania na choroby cywilizacyjne, tj. nowotwory jelita grubego i miażdżycy naczyń krwionośnych [13]. Wprawdzie zwiększenie zawartości włókna pokarmowego zmniejsza strawność składników pokarmowych i przez to obniża ich wartość odżywczą, ale walory dietetyczne i zdrowotne tego składnika są bezsporne [13, 25].

Tabela 4

Zawartość włókna pokarmowego, białka i popiołu w powietrznie suchej masie chlebów bezglutenowych, wyprodukowanych z udziałem żółtych i brązowych nasion lnu oleistego.
The content of dietary fibre, protein, and ash in air dry matter of gluten-free breads baked with yellow and brown linseeds added.

Rodzaj chleba Kind of bread	Włókno pokarmowe / Dietary fibre		Białko ogółem Total protein (N*5,7)	Popiół całkowity Total ash
	Nierozpuszczalne Insoluble	Rozpuszczalne Soluble		
Standard	0,40 a	0,44 a	2,44 a	1,90 a
Standard + 7,5% lnu żółtego / yellow linseed	0,41 a	2,43 b	3,59 b	2,07b
Standard + 10% lnu żółtego / yellow linseed	0,59 b	2,59 b	3,91 c	2,13 c
Standard +12,5% lnu żółtego / yellow linseed	0,71 c	3,06 c	4,32 d	2,27 d
Standard + 7,5% lnu brązowego / brown linseed	0,58 a	1,67 b	3,52 b	2,04 b
Standard + 10% lnu brązowego / brown linseed	0,90 b	1,95 b	3,87 c	2,11 c
Standard + 12,5% lnu brązowego / brown linseed	1,20 c	2,24 c	4,28 d	2,12 c

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Przy 12,5-procentowym zastąpieniu skrobi żółtymi zmielonymi nasionami lnu odmiany Hungarian Gold oznaczono także znaczący wzrost ocenianych makro- i mikroelementów, a mianowicie: Zn o 38%, K o 74%, Ca o 76%, P o 86%, Cu o 127%, Mg o 286%, i Mn o 350%, ich pierwotnej zawartości w chlebie standardowym (tab. 5). Podobny, choć nieco mniejszy wzrost wszystkich ocenianych pierwiastków oznaczono także w przypadku zastosowania brązowych nasion lnu. Otrzymane wyniki wydają się być dużym osiągnięciem przeprowadzonych badań, mając na uwadze niedobór składników mineralnych u osób chorych na celiakię. Godny podkreślenia jest zwłaszcza około 4-krotny wzrost zawartości Mg. Pierwiastek ten, podobnie jak K, jest najważniejszym kationem wewnątrzkomórkowym, aktywującym około 300 enzymów [27].

Tabela 5

Zawartość składników mineralnych w badanych chlebach bezglutenowych [mg/kg s.m.].
The content of mineral components in gluten-free breads under investigation [mg/kg D.M.].

Rodzaj chleba Kind of bread	Mg	K	Ca	Zn	Cu	Mn	P
Standard	127 a	1082 a	80 a	10 a	0,7 a	1 a	777 a
Standard + 7,5% lnu żółtego / yellow linseed	360 b	1600 b	127 b	11 ab	1,2 b	2,5 b	1166 b
Standard + 10% lnu żółtego / yellow linseed	427 c	1721 c	130 b	12 ab	1,5 c	3,0 c	1246 c
Standard + 12,5% lnu żółtego / yellow linseed	492 d	1882 d	148 b	13 b	1,6 c	3,6 d	1445 d
Standard + 7,5% lnu brązowego / brown linseed	320 b	1635 b	126 b	13 ab	1,2 b	2,3 b	1152 b
Standard + 10% lnu brązowego / brown linseed	371 c	1767 c	121 b	14 ab	1,4 b	2,8 c	1285 c
Standard + 12,5% lnu brązowego / brown linseed	421 d	1921 d	131 b	15 b	1,6 b	3,3 d	1434 d

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Wzbogacanie żywności w magnez w przypadku ludzi zdrowych nie jest na ogół stosowane na świecie. Mimo wielu badań epidemiologicznych nie ma jednoznacznego 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 [27]. 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 [27], to w przypadku osób chorych na celiakię jest to niemożliwe. Dlatego udostępnienie tego pierwiastka w chlebach bezglutenowych w postaci dodatku zmielonych nasion lnu jest godne polecenia.

Warto także zwrócić uwagę na wzrost zawartości Zn, zwłaszcza, że produkty zbożowe i warzywa zawierają ten pierwiastek w formie mniej dostępnej dla człowieka. Cynk wchodzi w skład ponad 80 enzymów i jego nawet niewielki niedobór powoduje

m.in. opóźniony rozwój dzieci, uszkodzenia skóry, trądzik młodzieńczy czy 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 [22].

Wraz ze zwiększaniem udziału zmielonych nasion lnu w chlebach bezglutenowych z 7,5 do 12,5% wzrastała w nich zawartość tłuszczu surowego o 1,2 do 3,7%, w porównaniu z chlebem standardowym.

Tabela 6

Zawartość tłuszczu surowego oraz profil kwasów tłuszczowych w chlebach bezglutenowych z dodatkiem zmielonych nasion lnu oleistego.

The content of raw fat, and a profile of fatty acids in gluten-free breads with ground linseeds added.

Rodzaj chleba Kind of bread	Tłuszcz surowy Raw fat [%]	Udział w sumie kwasów tłuszczowych Per cent content in total fatty acids [%]				
		C 16	C 18	C 18:1	C 18:2	Kwas linolenowy Linolenic acid 18:3
Standard	4,34 a*	5,7	2,3	59,0	20,9	7,5
Standard + 7,5% lnu żółtego / yellow linseed	5,52 b	6,0	3,3	41,3	18,3	27,8
Standard + 10% lnu żółtego / yellow linseed	6,88 c	5,8	3,3	38,8	18,3	31,0
Standard + 12,5% lnu żółtego / yellow linseed	7,57 c	5,7	3,5	36,6	18,1	33,3
Standard + 7,5% lnu brązowego / brown linseed	6,20 b	6,3	3,5	42,1	16,8	28,0
Standard + 10% lnu brązowego / brown linseed	7,48 c	6,2	3,6	40,5	16,3	30,2
Standard + 12,5% lnu brązowego / brown linseed	8,07 d	6,2	3,6	39,5	15,8	32,2

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Mean values denoted by the same letters do not significantly differ at a significance level of $\alpha = 0.05$.

W profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu zawartego w chlebach z udziałem zmielonych nasion lnu przeważały niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), należące do rodziny n-6 i n-3, tzn. kwas linolowy (C 18:2, n-6) oraz kwas linolenowy (C 18:3, n-3). Największy, 12,5-procentowy dodatek nasion lnu spowodował 4-krotny wzrost zawartości kwasu α -linolenowego, deficytowego w naszej diecie (tab. 6). Uzyskany efekt wydaje się być cennym osiągnięciem omawianych badań, bowiem odkrycie niezwykle korzystnego wpływu kwasów wielonienasyconych z rodziny n-3 tzw. n-3 PUFA pozwala zaliczyć produkty spożywcze zawierające te kwasy

tłuszczowe do tzw. żywności funkcjonalnej, wykazującej właściwości prozdrowotne, pomocnej w profilaktyce wielu schorzeń [15].

Kwasy tłuszczowe n-3 same lub skojarzone z innymi składnikami diety oraz lekami, mogą ułatwić prewencję, a także skuteczne leczenie schorzeń układu krążenia (miażdżycy, nadciśnienia tętniczego, zawału mięśnia sercowego) i zakrzepów naczyniowych. Są one również niezbędne do prawidłowego rozwoju dzieci [5, 15].

W podsumowaniu przeprowadzonych badań należy podkreślić, że dodatek zmielonych nasion lnu oleistego w celu poprawy wartości odżywczej pozwala uzyskać pieczywo bezglutenowe o zadowalającej jakości, które może być źródłem wielu cennych składników, deficytowych w diecie bezglutenowej osób chorych na celiakię. Nasiona lnu oleistego należy zatem uznać za wartościowy dodatek technologiczny, który pozwoli na rozszerzenie i uatrakcyjnienie asortymentu pieczywa bezglutenowego. Najlepszy efekt w badaniach tej pracy uzyskano stosując 12,5-procentowy udział żółtych nasion lnu oleistego w stosunku do masy skrobi.

Wnioski

1. Dodatek zmielonych nasion obu odmian lnu do wypieku chlebów bezglutenowych w ilości 7,5%, 10%, 12,5% ogólnej masy skrobi spowodował wzrost ich objętości, nie pogarszając jakości sensorycznej.
2. Udział zmielonych nasion lnu (zwłaszcza dodatek 12,5% nasion lnu żółtego) zdecydowanie wpłynął na zahamowanie procesu twardnienia w odniesieniu do chleba standardowego.
3. Wraz ze zwiększaniem udziału zmielonych nasion lnu w chlebach bezglutenowych od 7,5-12,5% wzrastała w nich zawartość tłuszczu surowego o 1,2–3,7% w porównaniu z chlebem standardowym. Dodatek 12,5% zmielonych nasion lnu spowodował też największy, ponad 4-krotny wzrost zawartości kwasu α -linolenowego.
4. Udział zmielonych nasion lnu w chlebach bezglutenowych wzbogacił je w cenne białko, włókno pokarmowe oraz makro- i mikroelementy. Zawartość tych składników zwiększała się sukcesywnie w miarę wzrostu dodatku zmielonych nasion lnu oleistego i była największa przy 12,5% dodatku żółtych nasion tego lnu.
5. Nasiona lnu oleistego należy uznać za wartościowy dodatek technologiczny, który pozwoli na rozszerzenie i uatrakcyjnienie asortymentu pieczywa bezglutenowego.
6. Do praktycznego zastosowania w przyszłej produkcji zaleca się dodatek 12,5% zmielonych nasion lnu żółtonasiennej odmiany Hungarian Gold.

Literatura

- [1] AOAC Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, 15th Edition, Arlington 1990, Virginia, USA.
- [2] Analiza zbóż i przetworów zbożowych - pod red. T. Habera i T. Jakubczyka. Wyd. SGGW-AR. Warszawa 1983.
- [3] Baldo B. A., Wrigley C. W.: Allergies to cereals. In: Pomeranz I. Advances in cereal science and technology. Vol. VI. St. Paul. Minn. AACC, 1984, pp. 331-344.
- [4] Bartnik M.: Nietolerancja glutenu. Przem. Spoż., 1999, **53** (7), 33-34.
- [5] Cunnane S. C., Liede A. C., Wolever M.S., Jenkins D. J. A., Ganguli S., Menard D., Hamadeh M. J., Chen Z. J.: High-linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum* L): some nutritional properties in humans. Br. J. Nutr., 1993, **69**, 443-453.
- [6] Czarnecki S. J., Kritchevsky D.: Dietary protein and atherosclerosis. In: Dietary Proteins: how They Alleviate Disease and promote Better Health, Ed. by Liepa G. U., Bietz D. C., Beynen A. C., Gorman M.A. American Oils Chemists Society Champaign II, 1992, pp. 42-56.
- [7] Dev D. K., Sienkiewicz T., Quensel E., Hansen R.: Isolation and partial characterization of flaxseed (*Linum usitatissimum* L) proteins. Die Nahrung, 1986, **30**, 391-393.
- [8] Flaczyk E., Kawka A.: Zastosowanie wybranych dodatków technologicznych do pieczywa. Surowce, technologia i dodatki a jakość żywności. Wyd. AR. Poznań 1999, s. 167-186.
- [9] Gambuś H., Gambuś F., Borowiec F., Zajac T.: Zdrowotne aspekty chleba z dodatkiem siemienia lnu oleistego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1999, **4** (21) Supl., 128-140.
- [10] Gambuś H., Mikulec A., Gambuś F., Pisulewski P.: Perspectives of linseed utilisation in baking. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **13/54**, 1, 21-27.
- [11] Gambuś H., Nowotna A., Berski W., Gumul D.: Badania nad poprawieniem jakości chleba bezglutenowego. Zesz. Nauk. AR, Kraków, Ser. Technologia Żywności, 2000, **12** (2), 65-76.
- [12] Gambuś H. Nowotna A., Ziobro R., Gumul D., Sikora M.: The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. EIPAU, 2001, vol. **4**, issue 2.
- [13] Hasik J., Bartnikowska E.: Włókno roślinne w żywieniu człowieka. PZWL. Warszawa 1987.
- [14] Kłys W., Kunachowicz H.: Produkty bezglutenowe i ich rola w leczeniu celiakii. Przegl. Piek. Cuk. 1996, **44** (9), 8-9 i 11.
- [15] Kolanowski W., Świdorski F.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy n-3 (n-3 PUFA). Korzystne działanie zdrowotne, zalecenia spożycia, wzbogacanie żywności. Żyw. Człow. Metab., 1997, **24** (2), 49-63.
- [16] Kunachowicz H., Nadolna J., Iwanow K., Rutkowska U.: Ocena wartości odżywczej wybranych produktów bezglutenowych. Żyw. Człow. Metab., 1996, **23**, 99-108.
- [17] Madhusudan K. T., Singh N.: Isolation and characterization of the major fraction (125) of linseed proteins. J. Agric. Food Chem., 1985, **33**, 673-677.
- [18] Madhusudan K. T., Singh N.: Isolation and characterization of a small molecular weight protein of linseed meal. Phytochemistry, 1998, **24**, 2507-2509.
- [19] Nuttal F.Q., Mooradian A.D., Ganon M.C., Billington C., Krezowski P.: Effect of protein ingestion on the glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. Diabetes Care, 1984, **7**, 456-470.
- [20] Oomah B.D.: Flaxseed as a functional food source. J. Sci. Food Agr., 2001, **81**, 889-894.
- [21] Oomah B.D. Mazza G.: Flaxseed proteins – A review. Food Chem., 1993, **48**, 109-114.
- [22] Piesiewicz H.: Konsumpcja pieczywa w Polsce na tle nowoczesnych tendencji w żywieniu. Cz. II - Znaczenie związków mineralnych. Przegl. Piek. Cuk., 1996, **44** (4), 4-7.
- [23] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [24] Ranhotra G.S., Loewe R.J., Puyat L.V.: Preparation and evaluation of soy-fortified gluten-free bread. J. Food Sci., 1995, **40**, 62-64.
- [25] Roberfroid M.: Dietary fibre, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological

- effect. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1993, **33**, 103-148.
- [26] Rujner J.: Celiakia - postacie kliniczne, rozpoznawanie i leczenie. *Klinika Pediatryczna*, 1995, **3** (1), 4-7.
- [27] Składniki mineralne w żywieniu człowieka - pod. red. A. Brzozowskiej. Wyd. AR. Poznań 1999, s. 90-100.
- [28] Thompson T.: Wheat starch, gliadyn and the gluten-free diet. *J. Am. Diet Assoc.*, 2001, **101** (12), 1456-1459.
- [29] Toufeili I., Dagher S., Shadarevian S., Noureddine A., Sarakbi M., Farran M. T.: Formulation of gluten free pocket-type flat breads: optimization of methylcellulose, gum arabic and egg albumen levels by response surface methodology. *Cereal Chem.*, 1994, **71** (6), 594-601.
- [30] Vaisey-Genser M., Morris D.H.: Flaxseed-Health, Nutrition and Functionality. Flax Council of Canada. Winnipeg 1997, Manitoba.
- [31] Weisdorf S.A.: Nutrition in liver disease in *Textbook of Gastroenterology and Nutrition in Infancy*, 2nd ed. Ed. by Lebenthal E., Raven Press. New York 1998, pp. 665-676.

LINSEED (*LINUM USITATISSIMUM* L) AS A SOURCE OF NUTRIENTS IN GLUTEN-FREE BREAD

S u m m a r y

Linseeds have a unique chemical composition and do not contain any gluten proteins, thus, ground linseeds were used to make gluten-free breads; they replaced starch, and their amounts were 7.5, 10, and 12.5% of the starch mass, respectively. The linseeds added caused a significant increase in the volume of breads baked, but they did not make the yield worse nor did they deteriorate sensory properties of the breads baked. Additionally, the linseeds reduced the bread crumb hardening process while storing breads. The amounts of nutrients and dietary components, i.e. total protein, raw fat, dietary fibre (in particular, an insoluble fraction), and many pre-determined macro- and microelements in breads with linseed were significantly increased. Moreover, the content of α -linolenic acid rose by several times.

Key words: α -linolenic acid, gluten-free bread, linseed 