

DOROTA PASTUSZKA, HALINA GAMBUŚ, MAREK SIKORA

## WARTOŚĆ ODŻYWCZA I DIETETYCZNA PIECZYWA BEZGLUTENOWEGO Z DODATKIEM NASION LNU OLEISTEGO

### Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań było wykazanie korzyści wynikających z zastosowanego udziału zmielonych nasion lnu oleistego do pieczywa bezglutenowego, w ilości 10 % masy skrobi przewidzianej recepturą.

Pieczywo bezglutenowe, w postaci bułek, wzbogacone nasionami lnu i bez tego dodatku, z wypieku laboratoryjnego, badano pod względem jakości oraz wartości odżywczej. Metodami AOAC oznaczono zawartość: białka, tłuszczu, włókna pokarmowego i popiołu. Przeprowadzono również analizę składu aminokwasowego białek, analizatorem aminokwasów (AAA-400, INGOS), oraz profilu kwasów tłuszczowych chromatografem gazowym (QP 5050A, Shimadzu). Na podstawie składu aminokwasowego wyliczono wskaźniki jakości białka – wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS) i zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych (EAA). Ponadto oznaczono zawartość fosforanów mioinozytolu metodą kolorymetryczną z odczynnikiem Wade.

Wykazano, że użyta do wzbogacenia ilość zmielonych nasion lnu oleistego nie wpłynęła na jakość technologiczną badanych bułek bezglutenowych, natomiast istotnie zwiększyła w nich zawartość składników pokarmowych tj. białka (w tym aminokwasów egzogennych), tłuszczu (w tym deficytowego kwasu  $\alpha$ -linolenowego, 18:3, n-3), związków mineralnych w postaci popiołu oraz włókna pokarmowego, zmniejszając jednocześnie ilość przyswajalnych węglowodanów, w porównaniu z pieczywem kontrolnym. W bułkach z udziałem zmielonych nasion lnu oleistego oznaczono istotnie większą zawartość fitynianów, w odniesieniu do bułek niewzbogaconych.

**Słowa kluczowe:** pieczywo bezglutenowe, len oleisty, wartość odżywcza

### Wprowadzenie

Celiakia jest zaliczana do nietolerancji pokarmowych, za którą odpowiedzialny jest gluten, a właściwie prolaminy zawarte w zbożach i ich przetworach [7, 17]. Obecnie szacuje się, że średnio ok. 1 % generalnej populacji, zarówno dzieci, młodzieży, jak i osób dorosłych, cierpi z powodu celiakii [6, 17]. Dużą część przypadków (ok. 85 %)

---

*Dr inż. D. Pastuszka, prof. dr hab. inż. H. Gambuś, prof. dr hab. inż. M. Sikora, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków*

uważa się wciąż za niezdiagnozowane [6, 30]. Choroba ta, nazywana chorobą trzewną lub enteropatią glutenową, cechuje się wrodzoną, trwałą nietolerancją glutenu, prowadzącą do zmian w strukturze jelita cienkiego [6, 7, 17, 30].

Całkowita eliminacja z diety produktów zawierających gluten wpływa na poprawę stanu zdrowia osób chorych na celiakię. Na skutek rygorystycznego przestrzegania diety bezglutenowej u pacjentów z celiakią obserwuje się regenerację kosmków jelitowych, a przede wszystkim zanik typowych objawów klinicznych tej choroby [17, 24]. Wykluczenie z diety osób chorych na celiakię przetworów z pszenicy, żyta i jęczmienia związane jest ze zmianą wielu nawyków żywieniowych, gdyż produkty te są często podstawą wyżywienia tych osób [6].

Pieczycwo zajmuje szczególne miejsce w diecie każdego człowieka. W Polsce jest ono najczęściej spożywanym produktem zbożowym, dostarczającym organizmowi istotnych składników odżywczych i dietetycznych [12]. Wśród osób chorych na celiakię, często obserwuje się mniejsze spożycie produktów zbożowych, w tym również pieczywa, co związane jest z niższą jakością produktów bezglutenowych i mniejszą ich dostępnością na rynku, a także z ich wysoką ceną [4, 12, 24]. Pieczywo bezglutenowe produkowane jest ze skrobi różnego pochodzenia tj. pszennej (odbiączanej), kukurydzianej, ziemniaczanej i ryżowej, jak również z mąki z surowców z natury wolnych od glutenu, np. kukurydzianej czy ryżowej [4, 8, 9, 11, 12, 17]. Ze względu na taki skład, pieczywo bezglutenowe najczęściej odznacza się niższą wartością odżywczą niż jego tradycyjne odpowiedniki, dlatego często stosuje się wzbogacanie takiego pieczywa, głównie przez dodatek naturalnych surowców pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego, które jednocześnie zwiększają zawartość kilku składników żywieniowych [4, 8, 9, 10, 12]. Jednym z takich dodatków, poprawiających wartość odżywczą produktów bezglutenowych, są nasiona lnu oleistego [10, 11, 12]. Często ilość stosowanego dodatku musi być limitowana, ze względu na obniżanie cech jakościowych pieczywa bezglutenowego, którego struktura jest i tak słabsza niż pieczywa tradycyjnego, ze względu na brak glutenu [4, 9, 10].

Celem przeprowadzonych badań było określenie korzyści wynikających z zastosowanego udziału zmielonych nasion lnu oleistego do bułek bezglutenowych, w ilości 10 % masy skrobi przewidzianej recepturą.

### **Material i metody badań**

Material badawczy stanowiło pieczywo bezglutenowe w postaci bułek bezglutenowych niewzbogaconych (standard) oraz bułek bezglutenowych wzbogaconych zmielonymi nasionami lnu oleistego, w ilości 10 % masy skrobi przewidzianej recepturą (standard + nasiona lnu). Nasiona lnu oleistego mielono w młynku bijakowym, uzyskując duży stopień rozdrobnienia.

Ciasto na bułki bezglutenowe, o konsystencji 350 j.B. oznaczonej w farinografie Brabendera [2] – zbliżonej do ciasta glutenowego, sporządzono wg receptury zamieszczonej w tab. 1 w mieszarce spiralnej firmy DIOSNA, typ SP12 (DIOSNA Dierks & Söhne, Osnabrück, Niemcy), stosując 12-minutowy czas mieszenia (3 min przy wolnych obrotach, 9 min przy szybkich obrotach). Pierwszą fermentację prowadzono przez 10 min, następnie po uformowaniu kęsów o masie 70 g przez 20 min prowadzono fermentację końcową w temp. ok. 40 °C i przy 85 % wilgotności względnej powietrza. Bułki wypiekano na blachach, na trzonie, w temp. 230 °C, w piecu elektrycznym modułowym firmy Miwe Condo, typ C – 52 (MIWE, Arnstein, Niemcy), przez 20 min.

Tabela 1

Receptura na bułki bezglutenowe.

Recipe for gluten-free rolls.

Surowiec Raw material [g]	Standard	Standard + nasiona lnu + flaxseeds
Skrobia kukurydziana / Corn starch (Amidon De Mains Alimentaire, Lestrem, France)	700	600
Skrobia ziemniaczana / Potato starch (PPZ Bronisław Sp. z o.o., Strzelno, Poland)	100	100
Mąka kukurydziana / Corn flour (BOLY ZRT, Boly, Hungary)	150	150
Nasiona lnu oleistego / Flaxseeds (Andrzej Sztabiński, Nowy Dwór Gdański, Poland)	-	100
Hydroksymetylopropyloceluloza / Hydroxypropyl-methylcellulose (HPMC), (The Dow Chemical Company, Dow Europe GmbH Stade, Germany)	16	16
Guma guarowa / Guar gum, (Lotus Gums & Chemicals, Jodhpur, India)	8	16
Pektyna wysokometylowana / Highly methylated pectin, (Zakład Przemysłu Owocowo-Warzywnego „PEKTOWIN” Sp. z o.o., Jasło, Poland)	16	8
Mączka chleba świętojańskiego / Locust bean gum from C.E. ROEPER GmbH (Hamburg, Germany)	8	8
Lakton kwasu glukonowego / Gluconic acid lactone (A.H.A. International CO., LTD., Hwei, China)	5	5
Mleko w proszku (pełne) / Full cream milk powder (SM Mlekovita, Wysokie Mazowieckie, Poland)	50	50
Drożdże instant / Instant dried yeast, (Lesaffre Group, Strasbourg Cedex, France)	50	50
Sól / Salt (Wzrzelnia Soli Janikowskich Zakładów Sodowych, Janikosoda S.A., Janikowo, Poland)	20	20
Cukier / Sucrose (crystalline) (Krajowa Spółka Cukrowa S.A., Toruń, Poland)	50	50
Olej rzepakowy / Rape-oil (ZT „Kruszwica” S.A., Kruszwica, Poland)	30	30
Woda / Water	780 ml	780 ml

Po wyjęciu z pieca i 1 h chłodzenia oznaczano masę bułek, ich objętość w materiale sypkim, posługując się nasionami rzepaku [2]. Znając masę bułek i wydajność ciasta, wyliczano wydajność pieczywa [2]. Dokonano także oceny sensorycznej, wg PN-A-74108:1996 [21], przez 15-osobowy panel przeszkolony do tego typu analiz.

Oznaczano również profil tekstury miękiszku, analizatorem tekstury TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania), w środku kromki o grubości 3 cm. Analizę prowadzono stosując sondę aluminiową P-20, szybkość przesuwu 5 mm/s, mierząc odkształcenie w warstwie grubości 50 % całkowitej wysokości próbki. Na podstawie analizy przy użyciu oprogramowania TPA Exponent v. 4.0.13.0., posługując się standardowym programem makro testu TPA (Stable Micro Systems, Wielka Brytania), obliczano twardość i spójność miękiszku.

Oceniając skład chemiczny badanych bułek oznaczano zawartość:

- suchej masy – metodą suszarkową wg AOAC [3] – metoda nr 925.10,
- białka ogółem wg AOAC [3] – metoda nr 950.36,
- poszczególnych aminokwasów – analizatorem aminokwasów (AAA-400, INGOS) oraz oszacowanie wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS) i zintegrowanego wskaźnika aminokwasów egzogennych (EAA), posługując się białkiem wzorcowym rekomendowanym przez WHO/FAO/UNU 2007 [29],
- tłuszczu surowego wg AOAC [3] – metoda nr 930.05,
- kwasów tłuszczowych – analizę otrzymanych estrów metylowych kwasów tłuszczowych (AOAC 2006, metoda nr 935,38) wykonywano w chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrem mas, firmy Shimadzu (model QP 5050A) wyposażonym w kolumnę kapilarną SP<sup>TM</sup>-2560, o długości 100 m, grubości filmu 0,25 µm i średnicy 0,25 mm (Supelco). Jako gazu nośnego używano helu. Chromatograf gazowy pracował w opcji z podziałem strumienia (split). Identyfikacji estrów metylowych wyższych kwasów tłuszczowych dokonywano na podstawie mieszaniny referencyjnej tych związków (FAME Mixture ME 100, Larodan Fine Chemicals) oraz bibliotekę widm masowych (NIST 1.7).
- włókna pokarmowego całkowitego oraz jego frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej wg AOAC [3] – metoda nr 991.43,
- związków mineralnych w postaci popiołu całkowitego wg AOAC [3] – metoda nr 930.05,
- fosforanów mioinozytolu – metodą kolorymetryczną z odczynnikiem Wade [16].

Ponadto na podstawie oznaczonego składu chemicznego bułek obliczano zawartość dostępnych węglowodanów (wg FAO/WHO, 1998).

Wszystkie analizy wykonano co najmniej w dwóch powtórzeniach, a wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA), stosując program komputerowy Statistica 8.0. Istotność różnic weryfikowano testem Duncana, przy  $p \leq 0,05$ . Wyniki przedstawiono jako wartości średnie  $\pm$  odchylenie standardowe (SD).

## Wyniki i dyskusja

Z powodu znacznej zawartości włókna pokarmowego w nasionach lnu oleistego (ok. 30 % s.m.) [10, 12, 19] ich dodatek do ciasta mógł negatywnie wpłynąć na jakość bułek bezglutenowych. Ze względów technologicznych udział nasion musiał więc być ograniczony. Na podstawie wcześniejszych badań zdecydowano stosować do bułek bezglutenowych 10 % udział zmielonych nasion lnu oleistego [10]. Receptura ciasta na bułki bezglutenowe, o konsystencji zbliżonej do ciasta glutenowego, została opracowana w Katedrze Technologii Węglowodanów Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, w ramach projektu badawczego EU-FRESH BAKE.

Badane pieczywo charakteryzowało się dobrą jakością technologiczną (tab. 2). Zarówno bułki z dodatkiem wzbogacającym, jak i bez tego dodatku, zostały wysoko ocenione pod względem sensorycznym (38 i 39 punktów) i zostały zakwalifikowane do I klasy jakości.

Tabela 2

Wyniki oceny jakości technologicznej badanych bułek bezglutenowych.  
Assessment results of technological quality of gluten-free rolls.

Rodzaj bułki Kind of roll	Wilgotność miękiszu Moisture of crumb	Wydajność pieczywa Yield of bread	Masa pieczywa Weight of roll	Objętość pieczywa Roll volume	Twardość miękiszu Hardness of crumb	Spójność miękiszu Cohesiveness of crumb	Ocena sensoryczna Sensory evaluation	
							Liczba punktów Score	Klasa jakości Grade
	[%]		g	[cm <sup>3</sup> ]	[N]	-	-	-
standard	44,86 ± 1,02 a*	139,95 ± 1,60 a	55,08 ± 0,45 a	255,0 ± 5,0 a	4,82 ± 0,18 a	0,46 ± 0,03 a	39	I
standard + nasiona lnu + flaxseeds	46,09 ± 0,51 b	143,32 ± 1,58 a	56,77 ± 0,19 a	230,0 ± 8,3 a	5,90 ± 0,17 a	0,63 ± 0,01 b	38	I

\*Różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice w kolumnach, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$

\* Different letters denote statistically significant differences in the columns, at  $p \leq 0.05$

Udział zmielonych nasion lnu oleistego nie wpłynął na: wydajność pieczywa, jego objętość oraz twardość miękiszu, natomiast wzbogacenie bułek tym surowcem wpłynęło korzystnie na spójność miękiszu, co mogło być związane z większą zawartością substancji tłuszczowych (oleju roślinnego) w nasionach lnu oleistego. Znane są bowiem korzystne, wielorakie funkcje tłuszczu w produkcji piekarskiej – nawet doda-

tek niewielkich ilości tłuszczu (powyżej 0,5 %) praktycznie mało wpływa na wartość energetyczną, smak i aromat wyrobu, ale zasadniczo modyfikuje właściwości fizyczne ciasta, poprawia jego stabilność podczas obróbki i rozrostu, a w efekcie teksturę gotowych wyrobów [1].

W ocenie składu chemicznego wykazano znaczne korzyści wynikające z zastosowania nasion lnu oleistego do wzbogacania bułek bezglutenowych. Wraz z udziałem tego surowca istotnie zwiększyła się w bułkach zawartość białka, tłuszczu i związków mineralnych w postaci popiołu, a także włókna pokarmowego zarówno frakcji rozpuszczalnej, jak i nierozpuszczalnej, a tym samym zmniejszyła się zawartość przyswajalnych węglowodanów (tab. 3).

Tabela 3

Skład chemiczny bułek bezglutenowych.  
Chemical composition of gluten-free rolls.

Rodzaj bułki Kind of roll	Białko ogółem Total protein [Nx6,25]	Tłuszcz surowy Raw fat	Popiół całkowity Total ash	Włókno pokarmowe / Dietary fibre			Dostępne węglowodany Available carbohydrates
				nierozpuszczalne insoluble	rozpuszczalne soluble	całkowite total	
[g/100g s.m. (d.m.)]							
Standard	4,32±0,04 a*	4,79±0,05 a	2,54±0,00 a	3,37±0,08 a	2,61±0,01 a	5,98±0,09 a	82,37
Standard + nasiona lnu + flax-seedS	6,46±0,10 b	9,52±0,08 b	2,94±0,06 b	8,65±0,06 b	3,92±0,10 b	12,57±0,16 b	68,51

Objaśnienie jak pod tab. 2 / Explanatory notes as in Tab. 2.

Pieczyno w diecie przeciętnego człowieka stanowi bardzo dobre źródło białka roślinnego, gdyż dostarcza go ok. 30 % w dziennej racji pokarmowej [12, 14], dlatego ważne jest, aby pieczywo bezglutenowe również dostarczało odpowiednie ilości tego składnika, co znacznie ułatwiłoby osobom chorym na celiakię bilansowanie diety. Pieczywo pszenne, w zależności od rodzaju, zawiera 8,1 - 9,0 % białka w świeżym produkcie, co w przeliczeniu na suchą masę wynosi ok. 11,8 - 13,4 % [15]. Badane pieczywo bezglutenowe standardowe zawierało ok. 30 % tej zawartości białka, którą zawiera pieczywo tradycyjne, tj. nieco ponad 4 % s.m. Było to głównie białko pochodzą-

ce z suchych drożdży piekarskich i mleka w proszku. Zastosowanie dodatku wzbogacającego pozwoliło zwiększyć zawartość białka w badanych bułkach średnio o 2 g/100 g s.m. i co ważne – było to białko roślinne. Po wzbogaceniu bułki ze zmielonymi nasionami lnu oleistego zawierały już tylko o połowę mniej białka niż tradycyjne pieczywo pszenne.

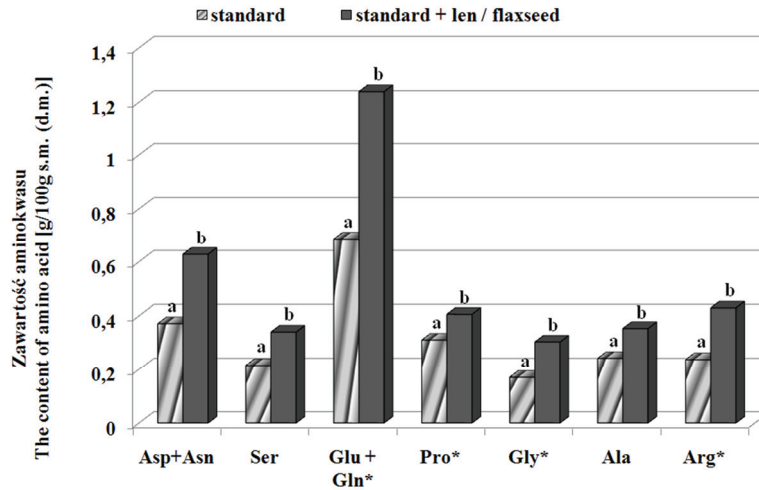
Zaledwie 10 % udział zmielonych nasion lnu oleistego w badanych bułkach wpłynął na zwiększenie zawartości w nich wszystkich aminokwasów endogennych i egzogennych (rys. 1 i 2), ale nie wpłynął na wartość biologiczną białka, która w przypadku wszystkich bułek była bardzo duża, ponieważ obydwa wskaźniki – CS i EAA wynosiły 100 % (tab. 4).

Nasiona lnu oleistego są uważane za źródło cennego białka roślinnego, co związane jest z dużą zawartością aminokwasów rozgałęzionych (walinę, leucynę, izoleucynę) tzw. BCAA oraz wysokim współczynnikiem Fischera (BCAA/AAA), porównywalnym z białkiem sojowym [19]. W badaniach wcześniejszych wykazano ponadto, że białko lniane jest też dobrym źródłem argininy, glutaminy i histydyny (34,8 g/100 g białka przy 32,1 g/100 g w białku soi) – trzech aminokwasów znanych z silnego korzystnego wpływu na funkcje immunologiczne organizmu [19, 20]. Natomiast wysoki poziom cysteiny i metioniny w białku lnianym (4,5 g/100 g białka przy 3,0 g/100 g w białku sojowym) może wywierać korzystny wpływ na poziom antyoksydantów stabilizujących DNA podczas podziału komórek i zmniejszyć ryzyko wystąpienia niektórych form nowotworów odbytu [19, 20]. Przyrost poziomu tych aminokwasów w bułkach bezglutenowych suplementowanych nasionami lnu oleistego (o ok. 35 % w przypadku cysteiny i o ok. 60 % w przypadku metioniny) należy uznać za znaczący (rys. 2).

Tabela 4

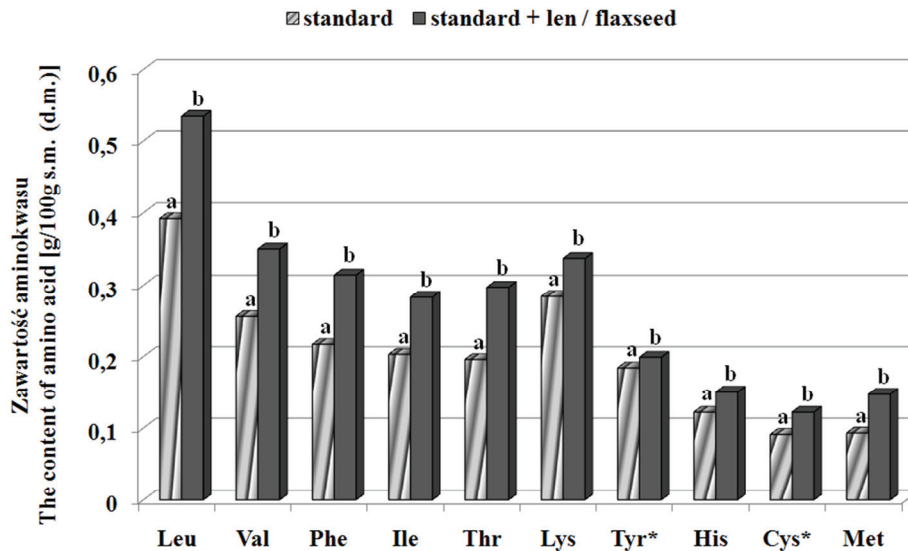
Wskaźnik aminokwasu ograniczającego (CS), zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych (EAA) i współczynnik Fischera białka bułek bezglutenowych.  
Chemical Score (CS), Essential Amino Acid Index (EAAI), and Fischer ratio of gluten-free rolls' protein.

Rodzaj bułki Kind of roll	CS	EAA	Współczynnik Fischera Fischer ratio (BCAA/AAA)
Standard	100	100	2,06
Standard + nasiona lnu + flaxseeds	100	100	2,13



Rys. 1. Zawartość aminokwasów endogennych i względnie endogennych (\*) w badanych bułkach, różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

Fig. 1. Content of non-essential and relatively essential (\*) amino acids in analyzed gluten-free rolls; different letters denote statistically significant differences, at  $p \leq 0.05$ .



Rys. 2. Zawartość aminokwasów egzogennych i względnie egzogennych (\*) w badanych bułkach, różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

Fig. 2. Content of essential and relatively essential amino acids (\*) in analyzed gluten-free rolls; different letters denote statistically significant differences, at  $p \leq 0.05$ .

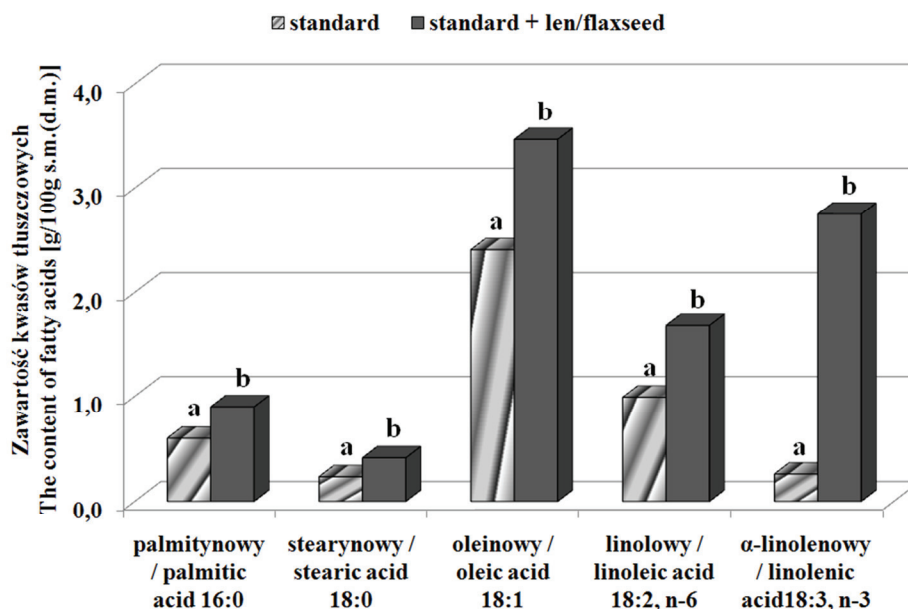


Produkty zawierające białko o wysokim współczynniku Fischera, na co składa się niewielka ilość aminokwasów aromatycznych przy znacznym udziale aminokwasów rozgałęzionych, są wykorzystywane jako produkty specjalnego przeznaczenia, szczególnie dla niedożywionych pacjentów z nowotworami, oparzeniami, uszkodzeniami ciała, niedoczynnością wątroby, a także jako produkty wzbogacające dietę dzieci z chroniczną chorobą trzewną lub alergią na białka mleka [28, 20]. Niewielki wzrost tego współczynnika (tab. 4) w badanych bułkach suplementowanych nasionami lnu oleistego można uznać za godny podkreślenia.

Zastosowana suplementacja bułek bezglutenowych wpłynęła także na korzystne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych (rys. 3), a szczególnie wzrost zawartości kwasu  $\alpha$ -linolenowego z rodziny n-3 w tych bułkach, który jest deficytowy w diecie człowieka.

Dieta przeciętnego człowieka obfituje w kwas linolowy, ważne jest zatem, aby uzupełniać ją w kwasy z rodziny n-3, a przede wszystkim w kwas  $\alpha$ -linolenowy [22]. Ze względu na znaczny udział tego kwasu w nasionach lnu oleistego (ponad 50 % udziału w oleju lnianym), korzystne wydaje się ich stosowanie do suplementacji pieczywa bezglutenowego [10, 19]. Zgodnie z obecnymi normami żywienia człowieka przyjęto w Polsce, że kwas  $\alpha$ -linolenowy (n-3) powinien być dostarczany w ilości minimum 2 g na osobę dziennie. Ponadto w preparatach przeznaczonych do żywienia niemowląt, niewzbogaconych w LC-PUFA, a suplementowanych kwasem  $\alpha$ -linolenowym, ilość tego kwasu powinna stanowić minimum 2 % tłuszczu zawartego w tych preparatach [26]. Badane bułki bezglutenowe z 10 % udziałem nasion lnu oleistego można więc zaliczyć do produktów wzbogaconych tym kwasem, zawierają one bowiem 2,75 g kwasu linolenowego w 100 g s.m., natomiast 100 g świeżej bułki dostarcza 2 gramy tego cennego kwasu tłuszczowego, pokrywając tym samym jego dzienne zapotrzebowanie. Ponadto bardzo wysoki stosunek n-6/n-3 jest uznawany za szkodliwy dla zdrowia człowieka, zaś gdy jest on zbliżony do 1 – prawdopodobnie pełni funkcję ochronną przed schorzeniami zwyrodnieniowymi [22]; w badanych bułkach z udziałem nasion lnu stosunek ten wynosi 0,61, przy 3,82 w bułkach standardowych, niewzbogaconych.

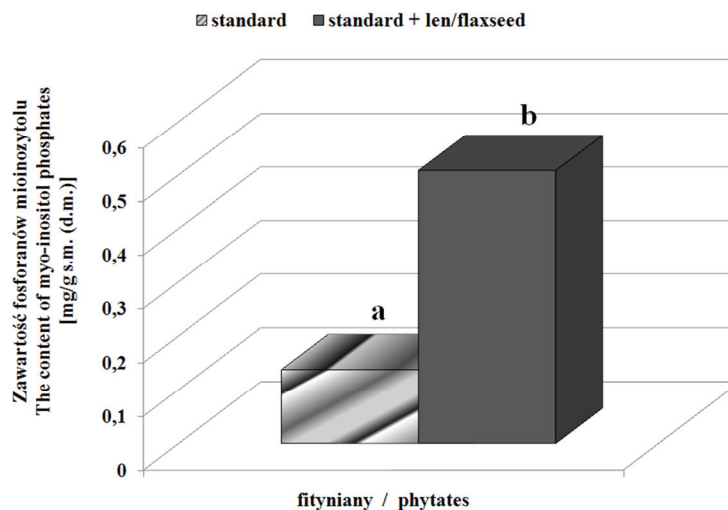
Zawartość poszczególnych składników pokarmowych w diecie nie zawsze wpływa na wykorzystanie ich przez organizm człowieka. Mniejsza biodostępność składników żywności może mieć różne podłoże; jednym z nich jest obecność heksafluoroboranu mioinozytolu [25]. Nasiona roślin oleistych, w tym i lnu oleistego, odznaczają się zwykle dość dużą zawartością tego składnika [27]. W badanych bułkach bezglutenowych zaobserwowano wpływ zastosowanej ilości nasion lnu oleistego (10 % masy mąki bezglutenowej), na zawartość fitynianów. Bułki z udziałem nasion lnu oleistego zawierały 3,7 razy więcej tego składnika, w odniesieniu do bułek standardowych (rys. 4).



Rys. 3. Zawartość wybranych kwasów tłuszczowych w badanych bułkach, różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

Fig. 3. Content of selected fatty acids in analyzed gluten-free rolls; different letters denote statistically significant differences, at  $p \leq 0.05$ .

Zwiększenie zawartości fitynianów w badanych bułkach może prowadzić do ograniczonego przyswajania składników mineralnych, należy jednak zaznaczyć, że obecnie coraz więcej badań wskazuje również na pozytywne oddziaływanie fitynianów na organizm człowieka. Przypisuje się im właściwości antyutleniające i przeciwdziałające tworzeniu się wolnych rodników [5, 25, 27]. Ponadto obecność kwasu fitynowego spowalnia trawienie skrobi, a tym samym wpływa korzystnie na stężenie glukozy we krwi, bowiem do prawidłowego działania  $\alpha$ -amylazy niezbędne są jony wapnia, które są wiązane przez kwas fitynowy [25]. Prawdopodobnie kwas fitynowy odgrywa także istotną rolę w zapobieganiu zwapnieniu tkanek [13] oraz formowaniu się kamieni nerkowych [23], a także może korzystnie wpływać na obniżenie poziomu cholesterolu i triacylogliceroli w surowicy krwi [5, 18]. Fosforanom mioinozytolu przypisuje się również właściwości przeciwnowotworowe, gdyż jako związki silnie kompleksujące mogą neutralizować substancje kancerogenne [5, 27].



Rys. 4. Zawartość kwasu fitynowego w badanych bułkach, różne litery oznaczają statystycznie istotne różnice, przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

Fig. 4. Content of myo-inositol phosphates in gluten-free rolls; different letters denote statistically significant differences, at  $p \leq 0.05$ .

## Wnioski

1. Udział zmielonych nasion lnu oleistego, w ilości 10 % masy mąki bezglutenowej nie obniżył jakości bułek bezglutenowych wzbogaconych tym surowcem, zarówno pod względem parametrów sensorycznych, jak i teksturalnych.
2. Użyta ilość surowca wzbogacającego istotnie zwiększyła zawartość składników pokarmowych i dietetycznych w bułkach bezglutenowych, tj. białka, tłuszczu, związków mineralnych w postaci popiołu oraz włókna pokarmowego, zmniejszając jednocześnie ilość przyswajalnych węglowodanów w tych bułkach.
3. Badane bułki bezglutenowe zawierały białko pełnowartościowe, przy czym bułki z udziałem zmielonych nasion lnu oleistego zawierały więcej aminokwasów, zarówno egzogennych, jak i endogennych, co związane jest z większą zawartością białka w tych bułkach.
4. Bułki z udziałem nasion lnu oleistego charakteryzowały się korzystnym składem kwasów tłuszczowych, a zwłaszcza 10-krotnie większą zawartością kwasu  $\alpha$ -linolenowego (18:3, n-3), w odniesieniu do bułek standardowych.
5. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono większą zawartość fosforanów mioinozytolu w bułkach z udziałem nasion lnu oleistego.

## Literatura

- [1] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska. Część I i II, Wyd. WSiP, Warszawa 1999.
- [2] Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Red. T. Jaubczyk i T. Haber. Wyd. SGGW/Akademii Rolniczej Warszawa 1981.
- [3] AOAC: Official methods of analysis, 18<sup>th</sup> edn. Gaithersburg Association of Official Analytical Chemists International, 2006.
- [4] Arendt E.K., Morrissey A., Moore M.M., Dal Bello F.: Gluten-free breads. In: Gluten-Free Cereal Products and Beverages. E.K.Arendt and F.Dal Bello Eds. Food Science and Technology, International Series. Elsevier, 2008, **13**, 289-319.
- [5] Bohn L., Meyer A.S., Rasmussen S.K.: Phytate: impact on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. J. Zhejiang Univ., Science B, 2008, **9 (3)**, 165-191.
- [6] Catassi C., Fasano A.: Celiac disease. In: Gluten-Free Cereal Products and Beverages. E.K.Arendt and F.Dal Bello Eds. Food Sci. Technol., Int. Series, 2008, **1**, 1-27.
- [7] Darewicz M., Dziuba J.: Dietozależny charakter enteropatii pokarmowych na przykładzie celiakii. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **1 (50)**, 5-15.
- [8] Diowksa A., Sucharzewska D., Ambroziak W.: Wpływ składu mieszanek skrobiowych na właściwości chleba bezglutenowego, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2008, **2 (57)**, 40-50.
- [9] Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K.: Crust and crumb characteristics of gluten-free breads. J. Food Eng., 2003, **56 (2-3)**, 153-161.
- [10] Gambuś H.: Nasiona lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) jako źródło składników odżywczych w chlebie bezglutenowym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2005, **4 (45) Suppl.**, 61-74.
- [11] Gambuś H., Gambuś F., Pastuszka D., Wrona P., Ziobro R., Sabat R., Mickowska B., Nowotna A., Sikora M.: Quality of gluten – free supplemented cakes and biscuits. Int. J. Food Sci. Nutr., 2009, **60 (S4)**, 31-50.
- [12] Gambuś H.: Pieczywo dla osób chorych na celiakię. W: Prawda, dobro i piękno w naukach rolniczych. Wyd. UR w Krakowie, 2009, ss. 109-120.
- [13] Grases F., Perello J., Prieto R.M., Simonet B.M., Torres J.J.: Dietary myo-inositol hexaphosphate prevents dystrophic calcifications in soft tissues: A pilot study in Wistar rats. Life Sciences, 2004, **75 (1)**, 11-19.
- [14] Kawka A.: Możliwości wzbogacania wartości odżywczych, dietetycznych i funkcjonalnych pieczywa. W: Żywność wzbogacona i nutraceutyki. Wyd. PTTŻ, Oddział Małopolski, 2009, ss. 109-122.
- [15] Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2005.
- [16] Latta M., Eskin M.: A Simple and Rapid Colorimetric Method for Phytate Determination. J. Agric. Food Chem., 1980, **28 (6)**, 1313-1315.
- [17] Niewinski M.M.: Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. J. Am. Diet. Assoc., 2008, **108 (4)**, 661-672.
- [18] Onomi S., Okazaki Y., Katayama T.: Effect of dietary level of phytic acid on hepatic and serum lipid status in rats fed a high-sucrose diet. Biosci. Biotechnol. Biochem., 2004, **68 (6)**, 1379-1381.
- [19] Oomah B. D.: Flaxseed as functional food source. J. Sci. Food Agric., 2001, **81 (9)**, 889-894.
- [20] Oomah B.D. Mazza G., Kenaschuk E.O.: Cyanogenic compounds in flaxseed. J. Agric. Food Chem., 1992, **40 (8)**, 1346-1348.
- [21] PN-A-74108:1996. Pieczywo. Metody badań.
- [22] Russo G.L.: Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. Biochem. Pharmacol., 2009, **77 (6)**, 937-946.
- [23] Selvam R.: Calcium oxalate stone disease: Role of lipid peroxidation and antioxidants. Urol. Res., 2002, **30 (1)**, 35-47.

- [24] Stolarczyk A.: Zasady żywienia pacjentów na diecie bezglutenowej. Problemy związane z akceptacją diety. W: Dieta bezglutenowa – co wybrać? Red. Kunachowicz H. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2001, **5**, 42-49.
- [25] Szkudelski T.: Phytic acid - its influence on organism. J. Anim. Feed Sci., 1997, **6 (4)**, 427-438.
- [26] Szponar L., Mojska H., Ołtarzewski M.G.: Tłuszcze. W: Normy żywienia człowieka – Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych. Red. Jarosz M., Bułhak-Jachymczyk B. Wyd. Lek. PZWL, Wyd. I, Warszawa 2008, **4**, 91-129.
- [27] Troszyńska A., Honke J., Kozłowska H.: Naturalne substancje nieodżywcze (NSN) pochodzenia roślinnego jako składniki żywności funkcjonalnej. Post. Fitot., 2000, **2/2000**, 17-22.
- [28] Weisdorf S.A.: Nutrition in liver disease. In: Textbook of Gastroenterology and Nutrition in Infancy. E Lebenthal Eds., Raven Press, New York, 1998, pp. 665-676.
- [29] WHO/FAO/UNU 2007. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation, Geneva, 2002, WHO Technical Report Series 935.
- [30] Ziółkowski B.: Celiakia dorosłych. Przew. Lek., 2005, **3 (8)**, s. 125-130.

*This study has been carried out with the financial support of the Commission of the European Communities; FP 6, Thematic Area "Food quality and safety", FOOD-2006-36302 EU-FRESH BAKE. It does not necessarily reflect its views and in no way anticipates the Commission's future policy in this area. This work was also supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education, Grant No. 162/6. PR UE/2007/7.*

#### NUTRITIONAL AND DIETARY VALUE OF GLUTEN-FREE ROLLS WITH FLAXSEEDS ADDED

##### Summary

The objective of the study performed was to demonstrate benefits resulting from the addition of ground flaxseeds to gluten free rolls, at a level equal to 10% of starch as provided by the roll recipe.

Gluten-free rolls, both those enriched and non-enriched with flaxseeds, were baked in a laboratory and, next, their quality and nutritional values were assessed. AOAC methods were used to determine the contents of protein, fat, dietary fibre, and ash. An amino acid analysis was also performed using an AAA-400 analyser (INGOS); a profile of fatty acid was made using a gas chromatograph (QP 5050A, Shimadzu). Based on the amino acid composition, the protein quality indices were computed, i.e. a chemical score (CS) and an exogenous amino acid index (EAA). Additionally, the content of myoinositol phosphates was measured by a colorimetric method with a Wade reagent.

It was confirmed that the amount of ground flaxseeds used to enrich the rolls did not impact the technological quality of gluten-free rolls; however, it significantly increased the content of nutrients therein, i.e. protein (including exogenous amino acids), fat (including alpha-linolenic acid), mineral compounds in the form of ash, and dietary fibre. At the same time, it also reduced the level of digestive carbohydrates compared to the control rolls. The content of phytates in rolls with flaxseeds was significantly higher compared to the non-enriched products.

**Key words:** gluten-free rolls, common flaxseeds, nutritional value 