

JACEK SŁUPSKI, ANNA KORUS

WPLYW MROŻENIA I STERYLIZACJI NA ZAWARTOŚĆ AMINOKWASÓW I JAKOŚĆ BIAŁKA W PRODUKTACH Z NASION FASOLI ZWYCZAJNEJ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) O NIEPEŁNEJ DOJRZAŁOŚCI

Streszczenie

Celem pracy była ocena zawartości aminokwasów w nasionach dwóch odmian fasoli zwyczajnej ('Igołomska' i 'Laponia') zbieranych w stadium dojrzałości woskowej oraz ocena wpływu sposobu konserwowania na zawartość tych składników. Analizowano nasiona świeże i ugotowane, produkty mrożone metodą tradycyjną oraz produkty typu żywność wygodna (mrożone metodą zmodyfikowaną i sterylizowane). Produkty mrożone uzyskano metodami: tradycyjną (blanszowanie – mrożenie – zamrażalnicze składowanie – gotowanie) i zmodyfikowaną (gotowanie – mrożenie – zamrażalnicze składowanie – rozmrożenie i podgrzanie w kuchence mikrofalowej). Świeże nasiona fasoli zebrane w stadium dojrzałości woskowej o zawartości suchej masy na poziomie 40 g/100 g zawierały 7085 - 7886 mg aminokwasów w 100 g części jadalnych. Obróbka technologiczna i przygotowanie produktów do spożycia powodowały zmiany zawartości poszczególnych aminokwasów w zakresie od -33 do 27 %, w porównaniu z surowcem. Wartość odżywczą białka ograniczały aminokwasy siarkowe, tym samym obniżając jego jakość. Indeks EAA (aminokwasów egzogennych) nasion przygotowanych do spożycia zawierał się w przedziale 118 - 139. Najwyższą wartością indeksu EAA charakteryzowało się białko mrozonek otrzymanych metodą zmodyfikowaną i przygotowanych do spożycia, następnie: konserw sterylizowanych, mrozonki tradycyjnej i nasion ugotowanych bezpośrednio po zbiorze, a wśród odmian wyższą jakością białka charakteryzowały się nasiona odmiany 'Laponia'.

Słowa kluczowe: niedojrzałe nasiona fasoli, aminokwasy ograniczające, gotowanie, mrożenie, sterylizacja

Wprowadzenie

Nasiona roślin strączkowych są ważnym, pełnowartościowym składnikiem pożywienia, mogącym konkurować z mięsem. Do ich walorów należy duża zasobność

Dr inż. J. Słupski, dr hab. inż. A. Korus, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: rrsłupsk@cyf-kr.edu.pl

w białko. Są także bogatym źródłem witamin z grupy B oraz cennych substancji mineralnych [15, 32]. Spożywa się je zazwyczaj w stanie dojrzałości fizjologicznej. Ich konsumpcja jest jednak ograniczana głównie przez czasochłonność przygotowania potraw oraz możliwość wywoływania zaburzeń przewodu pokarmowego [27].

Nasiona roślin strączkowych przed spożyciem są zazwyczaj poddawane obróbce termicznej, która wpływa na podwyższenie jakości białka i powoduje inaktywację termolabilnych składników o działaniu przeciwożywczym [3]. Obróbka termiczna powoduje jednak znaczne zmiany w składzie wielu składników chemicznych, w zależności od zastosowanej temperatury i czasu obróbki, a także od gatunku czy nawet odmiany [2, 11, 17, 20, 30]. Nasiona niektórych gatunków: bobu, grochu, lędźwianu czy fasoli szparagowej spożywa się w stanie niepełnej dojrzałości [13, 20]. Do grupy strączkowych spożywanych w stanie niepełnej dojrzałości można również zaliczyć fasolę typu flageolet. Przy takim sposobie użytkowania nasiona fasoli zbiera się, gdy strąki są dobrze wypełnione nasionami, a te są w pełni wyrosnięte, ale jeszcze soczyste, zielone lub jasnozielone, z liścieniami rozchodzącymi się pod naciskiem palców.

Nasiona fasoli o niepełnej dojrzałości, oprócz przygotowania do konsumpcji bezpośrednio po zbiorze, są doskonałym surowcem do produkcji konserw apertyzowanych, mrożonek tradycyjnych, jak również mrożonek otrzymywanych według technologii zmodyfikowanej, co pozwala na uzyskanie produktów typu żywność wygodna. Mrożenie jest jedną z metod najlepiej zachowujących składniki odżywcze surowca, jednak warzywa mrożone sposobem tradycyjnym (blanszowane przed mrożeniem) wymagają przed spożyciem dodatkowego gotowania [13, 14, 19]. Czynność ta, przy tendencji do nabywania produktów wygodnych, może ograniczyć spożycie mrożonych warzyw. Konieczne jest podejmowanie prób modyfikacji stosowanych aktualnie technologii, aby uzyskać produkt pełnowartościowy, równocześnie łatwy w przygotowaniu do spożycia i o co najmniej porównywalnych cechach sensorycznych [18, 21, 30].

Celem pracy było określenie składu aminokwasowego i jakości białka w nasionach dwóch odmian fasoli, przeznaczonych do uprawy na suche nasiona, zbieranych w stadium dojrzałości charakteryzowanym zawartością suchej masy na poziomie 40 g/100 g świeżej masy. W badaniach uwzględniono nasiona oraz produkty przygotowane do spożycia, tj. nasiona po ugotowaniu, nasiona mrożone według dwóch technologii przygotowane do spożycia po zamrażalniczym przechowywaniu oraz konserwy utrwalone metodą sterylizacji.

Material i metody badań

Surowcem były nasiona dwóch odmian fasoli zwyczajnej: 'Igołomska' (Polan KHiNO) i 'Laponia' (PlantiCo Hino Zielonki), zebrane przed uzyskaniem całkowitej dojrzałości (stadium dojrzałości woskowej). Nasiona w odpowiednim stopniu dojrzałości do mrożenia i konserwowania, określonym w badaniach wstępnych, charakteryzo-

wały się zawartością suchej masy na poziomie około 40 g/100 g. Materiał badawczy obejmował nasiona świeże, ugotowane (produkt 1) oraz trzy produkty przygotowane do spożycia po 12 miesiącach przechowywania: mrożone tradycyjnie (produkt 2: blanszowany – zamrożony – zamrażalniczo składowany – ugotowany), mrożone sposobem zmodyfikowanym (produkt 3: ugotowany – zamrożony – zamrażalniczo składowany – rozmrożony i podgrzany w kuchni mikrofalowej) oraz konserwowane metodą sterylizacji w puszkach (produkt 4).

Fasolę uprawiano na polu doświadczalnym Katedry Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów UR w Krakowie, w której prowadzono badania technologiczne i analityczne. Bezpośrednio po zbiorze nasiona wyłuskano ze strąków i część poddawano ocenie zawartości składników chemicznych w surowcu. Pozostałą część przeznaczono do przerobu technologicznego.

Gotowanie fasoli do konsystencji konsumpcyjnej (produkt 1) wykonywano z zachowaniem proporcji masy surowca do masy solanki o stężeniu 1,6 % NaCl jak 1 : 1, aby w gotowym produkcie otrzymać stężenie soli na poziomie zbliżonym do 0,8 %.

Przerób na mrożonki w zależności od zastosowanej technologii, poprzedzono blanszowaniem surowca (produkt 2) lub gotowaniem (produkt 3), a przerób na konserwy sterylizowane poprzedzano blanszowaniem (produkt 4). Blanszowanie fasoli wykonywano w wodzie wodociągowej, z zachowaniem proporcji masy surowca do masy wody jak 1 : 5. Temperatura blanszowania wynosiła $96 \div 98$ °C, a czas ustalony doświadczalnie – 3 min 15 s.

Nasiona z prób blanszowanych (produkt 2) i prób ugotowanych (produkt 3) zamrażano w temp. -40 °C w komorze klimatycznej z wymuszonym owiewem powietrza Feutron 3625-51 (Greiz, Niemcy). Czas mrożenia do uzyskania temperatury składowania -20 °C wynosił 105 min. Otrzymaną mrożonkę pakowano w worki polietylenowe w porcje po 500 g i umieszczano w komorze przechowalniczej o temp. -20 ± 2 °C, w której pozostawały 12 miesięcy do czasu oceny.

Konserwowanie metodą sterylizacji (produkt 4) wykonywano w puszkach o pojemności 510 cm³. Jako zalewy używano solanki o stężeniu 2,4 % NaCl, co pozwoliło na uzyskanie zawartości chlorku sodu w produkcie jak w próbie 1. Wsad blanszowanych nasion do puszki wynosił 360 g, a solanki 180 g. Sterylizację nasion odmian ‘Igołomska’ i ‘Laponia’ prowadzono w doświadczalnym kotle ciśnieniowym (Gauge Co. N.Y., USA), w temp. 120 °C, odpowiednio w ciągu 14 i 13 min. Konserwy umieszczano w magazynie w temp. 8 ± 2 °C i przechowywano do czasu oceny przez 12 miesięcy.

Mrożonki (produkt 2) gotowano do konsystencji konsumpcyjnej w wodzie z 1,6-procentowym dodatkiem soli, przy zachowaniu proporcji masy nasion do masy wody jak 1 : 1 i poddawano ocenie. Produkt 3 rozmrażano i ogrzewano w kuchni mikrofalowej Panasonic NN-F-621 (Matsushita Electric UK) do uzyskania temperatury 75 °C (program do rozmrażania, 11 min), a następnie materiał poddawano ocenie.

Konserwy sterylizowane (produkt 4) po odcięnięciu frakcji płynnej poddawano procedurom analitycznym.

Oznaczano zawartość suchej masy oraz azotu ogólnego (metodą Kjeldahla) zgodnie z procedurami opisanymi w AOAC [1]. Zawartość aminokwasów (oprócz tryptofanu) oznaczano za pomocą analizatora AAA-400 aminokwasów (INGOS, Czechy). Procedura analityczna stosowana była zgodnie z zaleceniami producenta. Materiał liofilizowany poddawano hydrolizie w 6 M HCl przez 24 h w temp. 110 °C. Oznaczanie aminokwasów zawierających siarkę (metioniny i cysteiny) przeprowadzono po utlenieniu w mieszaninie kwasu mrówkowego i nadtlenu wodoru (9 : 1) w temp. 110 °C przez 24 h. Aminokwasy rozdzielano w kolumnie wypełnionej Ostion ANB INGOS ionex (Czechy) i oznaczano kolorymetrycznie po reakcji z ninhydriną [18, 21]. Obliczenia wykonywano przy zastosowaniu wzorca zewnętrznego. Wszystkie doświadczenia prowadzono w trzech niezależnych powtórzeniach doświadczalnych, wszystkie analizy chemiczne przeprowadzono w dwóch równoległych próbach.

Zawartość aminokwasów podano w 100 g świeżej masy produktów w celu porównania zawartości aminokwasów w nasionach fasoli, w zależności od zastosowanej obróbki kulinarnej i technologicznej. Jakość białka szacowano przez porównanie ze wzorcem FAO/WHO/UNU [7]. Na podstawie składu aminokwasowego obliczano wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS (ChemicalScore) oraz indeks aminokwasów egzogennych (EAA) [24].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu pakietu Statistica 9.1 (StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). Istotność różnic między wartościami średnimi szacowano za pomocą testu Duncana na poziomie istotności $p < 0,05$. Grupy jednorodne oznaczono literami: a, b, c, d, e, f, g.

Wyniki i dyskusja

Świeże nasiona fasoli dwóch odmian, uprawianych zazwyczaj z przeznaczeniem na suche nasiona, zebrane w stadium niepełnej dojrzałości, zawierały $1,47 \div 1,75$ g azotu ogółem oraz $7086 \div 7888$ mg aminokwasów w 100 g św.m. (tab. 1 i 2). Stosunek aminokwasów egzogennych do aminokwasów endogennych w nasionach odmian 'Laponia' i 'Igołomska' wynosił odpowiednio: 0,86 i 0,89 (tab. 1 i 2). Aminokwasami dominującymi były kwas glutaminowy i kwas asparaginowy, odpowiednio: 16 i 13 % całkowitej zawartości aminokwasów, a aminokwasami występującymi w najmniejszej ilości były metionina i cystyna. Zbliżone wartości uzyskał Słupski [30] w badaniach trzech odmianach fasoli szparagowej typu flageolet, uprawianych na nasiona o dojrzałości woskowej i zebranych w podobnym stopniu dojrzałości. W nasionach tych zawartość azotu ogółem i aminokwasów wynosiła $1,33 \div 1,47$ g i $7139 \div 8117$ mg w 100 g, podczas gdy stosunek sumy aminokwasów egzogennych do sumy aminokwasów endogennych był wyższy niż w niniejszych badaniach i wynosił $0,92 \div 0,93$. Także kwas

glutaminowy i kwas asparaginowy były aminokwasami dominującymi, a aminokwasem występującym w najmniejszych ilościach była metionina. Jak podają Kmiecik i wsp. [10, 11], nasiona lędzwanu siewnego zbierane w stadium niepełnej dojrzałości zawierały 1,81 g azotu ogółem w 100 g części jadalnych, a nasiona bobu $1,82 \div 1,93$ g. W badaniach własnych nasiona obu odmian fasoli nie różniły się zawartością poszczególnych aminokwasów z wyjątkiem waliny, argininy, kwasu asparaginowego i kwasu glutaminowego oraz sumy aminokwasów endogennych, których było istotnie więcej w nasionach odmiany 'Laponia'. Również nasiona różnych odmian fasoli typu flageolet, bobu i lędzwanu zebrane w stadium dojrzałości woskowej nie wykazywały różnicowania zawartości większości aminokwasów [12, 17, 30].

Ugotowanie świeżych nasion fasoli (produkt 1) powodowało niewielkie zmniejszenie zawartości aminokwasów i azotu ogółem w świeżej masie obu badanych odmian. Jedynie istotne było zmniejszenie zawartości tyrozyny w nasionach odmiany 'Igołomska'. Stwierdzono ponadto istotne zmniejszenie zawartości suchej masy w nasionach obu odmian, co wpłynęło na udział poszczególnych składników w ich ogólnej zawartości. Również w ugotowanych nasionach trzech odmian fasoli typu flageolet Słupski [30] wykazał zmniejszenie zawartości suchej masy i tyrozyny. Gotowanie innych gatunków warzyw także było przyczyną zmniejszenia zawartości tyrozyny [17, 21, 28, 29]. Mimo że wielu autorów wykazało ubytek tyrozyny, to jednak w żadnej pracy nie podjęto próby wyjaśnienia tego zjawiska.

W porównaniu z surowcem świeżym, blanszowanie, zamrożenie, zamrażalnicze składowanie i przygotowanie nasion do spożycia (produkt 2) spowodowało zmniejszenie zawartości wszystkich aminokwasów, azotu ogółem i suchej masy w produktach z nasion odmiany 'Igołomska', natomiast nie spowodowało istotnych zmian w przetworzonych nasionach odmiany 'Laponia' – poza ubytkiem zawartości suchej masy, który nie przekraczał jednak 6 %. Natomiast w przygotowanych do spożycia produktach próby 3. zawartość poszczególnych aminokwasów w nasionach odmiany 'Igołomska' nie zmieniła się istotnie, stwierdzono jedynie zmniejszenie zawartości argininy. W nasionach odmiany 'Laponia' zawartość tych związków była na ogół większa niż w surowcu, nie zmieniła się tylko zawartość aminokwasów siarkowych, tyrozyny, argininy i alaniny, jak również zawartość azotu ogółem. Oznaczono natomiast większą niż w surowcu zawartość suchej masy.

Utrwalenie nasion metodą sterylizacji (produkt 4) przyczyniło się do zmniejszenia zawartości większości aminokwasów, z wyjątkiem fenyloalaniny i kwasu asparaginowego w nasionach obu odmian oraz, dodatkowo, seryny i proliny w odmianie 'Laponia' – w porównaniu z wynikami surowca. Stwierdzono także mniejszą niż w surowcu zawartość azotu ogółem oraz suchej masy (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość aminokwasów egzogennych w świeżych, ugotowanych, mrożonych i przygotowanych do spożycia oraz sterylizowanych nasionach fasoli o niepełnej dojrzałości [mg/100 g części jadalnych].

Table 1. Content of essential amino acids in raw, cooked, frozen, and 'ready-to-eat' seeds of bean, as well as in sterilized immature seeds of bean [mg/100 g edible portion].

Etap oceny Assessment stage	Odmiana fasoli Bean cultivar	Aminokwas / Amino acid										Suma aminokwasów egzogennych Total content of essential amino acids	Azot ogółem Total N [g/100 g]	Sucha masa Dry matter [g/100 g]
		Ile	Leu	Lys	Cys	Met	Tyr	Phe	Thr	Val	His			
Nasiona świeże Raw seeds	Igo	382 ^{cd} ± 27	652 ^{cd} ± 49	555 ^{cde} ± 44	79 ^b ± 10	70 ^{bcd} ± 8	234 ^c ± 25	432 ^{bcd} ± 46	319 ^{abc} ± 29	447 ^b ± 29	156 ^{bc} ± 11	3326 ^{cde} ± 140	1,47 ^b ± 0,08	39,6 ^f ± 0,4
	Lap	406 ^d ± 38	731 ^{de} ± 51	567 ^{de} ± 45	77 ^b ± 8	81 ^d ± 7	244 ^c ± 16	497 ^{de} ± 43	325 ^{de} ± 21	548 ^e ± 22	166 ^{cd} ± 12	3642 ^{ef} ± 220	1,75 ^c ± 0,01	39,8 ^f ± 0,5
Nasiona ugotowane (produkt 1) Cooked seeds (product 1)	Igo	341 ^{bc} ± 23	609 ^{bc} ± 41	507 ^{cd} ± 37	65 ^{ab} ± 9	61 ^{ab} ± 5	194 ^{ab} ± 15	415 ^{bc} ± 43	291 ^{bcd} ± 26	449 ^b ± 21	138 ^{ab} ± 9	3070 ^{bc} ± 205	1,46 ^b ± 0,01	32,7 ^b ± 0,2
	Lap	390 ^{cd} ± 36	692 ^{cd} ± 61	554 ^{cde} ± 40	76 ^b ± 6	79 ^{cd} ± 6	221 ^{bc} ± 12	474 ^{cde} ± 35	306 ^{cd} ± 16	513 ^c ± 23	169 ^{cd} ± 13	3474 ^{def} ± 129	1,70 ^c ± 0,01	34,4 ^c ± 0,2
Produkt przygotowany po 12 miesiącach składowania Ready-to-eat product after 12 month storage	blanszowane przed mrożeniem (produkt 2) blanched before freezing (product 2)	Igo	267 ^a ± 19	510 ^a ± 39	403 ^a ± 36	58 ^a ± 5	65 ^{ab} ± 7	179 ^a ± 3	343 ^a ± 25	241 ^a ± 17	367 ^a ± 21	120 ^a ± 7	2553 ^a ± 147	35,0 ^c ± 0,5
		Lap	417 ^{de} ± 39	782 ^{ef} ± 65	618 ^e ± 44	67 ^{ab} ± 6	80 ^{cd} ± 7	233 ^c ± 14	527 ^e ± 41	352 ^{ef} ± 19	531 ^c ± 32	182 ^d ± 13	3789 ^f ± 266	37,5 ^c ± 0,3
	ugotowane przed mrożeniem (produkt 3) boiled before freezing (treatment 3)	Igo	368 ^{cd} ± 29	632 ^{bc} ± 40	527 ^{cd} ± 49	76 ^b ± 9	72 ^{bcd} ± 6	225 ^c ± 17	444 ^{bcd} ± 42	304 ^{cd} ± 21	457 ^b ± 23	163 ^{cd} ± 11	3268 ^{cd} ± 123	41,3 ^g ± 0,4
		Lap	462 ^e ± 40	860 ^f ± 51	702 ^f ± 45	76 ^b ± 8	73 ^{bcd} ± 6	299 ^c ± 15	611 ^f ± 42	384 ^f ± 22	596 ^d ± 33	216 ^c ± 14	4279 ^g ± 212	43,3 ^b ± 0,3
sterylizowane (produkt 4)/ Sterilized (product 4)	Igo	305 ^{ab} ± 23	560 ^{ab} ± 37	432 ^{ab} ± 39	54 ^a ± 7	56 ^a ± 10	194 ^{ab} ± 15	385 ^{ab} ± 33	256 ^{ab} ± 18	400 ^a ± 20	127 ^a ± 9	2769 ^{ab} ± 118	36,3 ^d ± 0,3	
	Lap	347 ^{bc} ± 30	627 ^{bc} ± 36	485 ^{bc} ± 33	60 ^a ± 6	66 ^{abc} ± 6	188 ^a ± 9	441 ^{bcd} ± 40	285 ^{bc} ± 17	452 ^b ± 23	125 ^a ± 8	3076 ^{bc} ± 16	30,8 ^a ± 0,3	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Igo – 'Igołomska' / 'Igołomska'; Lap – 'Laponia' / 'Laponia'; przedstawione wyniki są wartościami średnimi z trzech pomiarów (± odchylenie standardowe) / presented results represent mean values of three measurements (± standard deviation); wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie na poziomie p < 0,05 / mean values in the same column and denoted by different letters differ statistically significantly at p < 0,05.

Tabela 2. Zawartość aminokwasów endogennych w świeżych, ugotowanych, mrożonych i przygotowanych do spożycia oraz sterylizowanych nasionach fasoli o niepełnej dojrzałości [mg/100 g części jadalnych].

Table 2. Content of nonessential amino acids in raw, cooked, frozen and prepared as ready-to-eat, and in sterilized immature seeds of bean [mg/100 g of edible portion].

Etap oceny Assessment stage	Odmiana fasoli Bean cultivar	Aminokwas / Amino acid							Suma aminokwasów endogennych non-essential amino acids	
		Arg	Asp	Glu	Ser	Pro	Gly	Ala		
Nasiona świeże Raw seeds	Igo	404 ^c ± 37	911 ^{bc} ± 78	1149 ^{cd} ± 86	465 ^c ± 38	244 ^{cde} ± 25	297 ^{cdef} ± 21	289 ^{cde} ± 27	3759 ^{bc} ± 303	
	Lap	543 ^{de} ± 39	1037 ^{def} ± 61	1283 ^e ± 62	469 ^c ± 36	283 ^e ± 25	320 ^{ef} ± 18	309 ^{def} ± 19	4244 ^d ± 255	
Nasiona ugotowane (produkt 1)/ Cooked seeds (product 1)	Igo	395 ^{bc} ± 19	918 ^{abcd} ± 58	1047 ^{bc} ± 70	406 ^{bc} ± 32	239 ^{bcd} ± 18	278 ^{cd} ± 19	272 ^{bc} ± 22	3555 ^b ± 220	
	Lap	499 ^d ± 30	1056 ^{ef} ± 78	1231 ^{de} ± 64	430 ^{bc} ± 32	269 ^{de} ± 20	302 ^{def} ± 16	290 ^{cde} ± 16	4077 ^{cd} ± 244	
Produkt przygotowany do spożycia po 12 miesiącach składowania Ready-to-eat product After 12 month storage	blanszowane przed mrożeniem (produkt 2) blanched before freezing (product 2)	Igo	269 ^a ± 17	730 ^a ± 43	875 ^a ± 61	332 ^a ± 28	186 ^a ± 19	230 ^a ± 16	229 ^a ± 17	2851 ^a ± 196
		Lap	546 ^{de} ± 36	1145 ^f ± 78	1298 ^e ± 73	537 ^d ± 36	326 ^f ± 23	330 ^g ± 19	318 ^{ef} ± 16	4500 ^d ± 270
	ugotowane przed mrożeniem (produkt 3) cooked before freezing (product 3)	Igo	352 ^b ± 18	933 ^{cde} ± 56	1075 ^{bc} ± 73	405 ^{bc} ± 40	215 ^{abc} ± 21	289 ^{cde} ± 22	275 ^{bcd} ± 18	3544 ^b ± 243
		Lap	573 ^c ± 39	1277 ^g ± 88	1491 ^f ± 73	593 ^d ± 40	355 ^f ± 27	356 ^g ± 19	335 ^f ± 22	4980 ^e ± 287
sterylizowane (produkt 4)/ sterilized (product 4)	Igo	294 ^a ± 13	808 ^{ab} ± 53	961 ^{ab} ± 62	372 ^{ab} ± 33	200 ^{ab} ± 19	240 ^{ab} ± 16	231 ^a ± 17	3106 ^a ± 210	
	Lap	424 ^c ± 24	941 ^{cde} ± 66	1033 ^{bc} ± 46	410 ^{bc} ± 28	260 ^{de} ± 19	265 ^{bc} ± 15	250 ^{ab} ± 14	3583 ^b ± 211	

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Na zróżnicowanie zawartości aminokwasów w 100 g części jadalnych produktów gotowych wpływ mogło mieć zastosowanie różnych zabiegów kulinarnych i technologicznych z użyciem wody. Świeże nasiona fasoli poddano jednokrotnie obróbce z udziałem wody, z kolei nasiona z próby 2. były blanszowane w wodzie, a po zamrażalniczym składowaniu gotowane w solance, natomiast nasiona z próby 3. były tylko jeden raz poddane obróbce termicznej z użyciem wody, a następnie przygotowane do spożycia przez podgrzanie w kuchni mikrofalowej. Z kolei nasiona sterylizowane były blanszowane, ale także poddane obróbce termicznej z udziałem wody w znacznie wyższej temperaturze i przez dłuższy czas niż w pozostałych próbach. Podczas wymienionych zabiegów nasiona wchłaniają wodę, następuje pęcznienie skrobi, lecz równocześnie wymywane są składniki rozpuszczalne do medium. Diasolua-Ngudi i wsp. [4] oraz Murcia i wsp. [23] wykazali jeszcze większe ubytki aminokwasów, gdy zastosowano dłuższy czas obróbki z użyciem większej ilości wody. Można to wyjaśnić tym, że produkty żywnościowe oprócz aminokwasów wbudowanych w białka zawierają także wolne aminokwasy rozpuszczalne w wodzie, które mogą być wyługowane w czasie obróbki termicznej. Wymycie składników rozpuszczalnych prowadzi do względnego wzrostu udziału składników nieulegających rozpuszczeniu w wodzie [10]. Ponadto w trakcie zabiegów termicznych surowiec może się kurczyć, uwalniając wodę i pomimo faktycznego zmniejszenia zawartości składników, ubytek wody może powodować pozorny wzrost ich zawartości. Wielkości tych zmian mogą zależeć od zwięzłości i gęstości tkanki poddanej obróbce [33]. Jest to potwierdzeniem badań Korus i wsp. [13], Kmiećka i wsp. [11] oraz Ruitera i wsp. [25], gdyż wymycie aminokwasów do wody było większe w mniej dojrzałych nasionach roślin strączkowych niż w bardziej dojrzałych, które mają twardszą i bardziej zwartą tkankę okrywy nasiennej. Ponadto w próbie 3. działanie mikrofal powodowało odparowanie części wody. Może to wyjaśniać, dlaczego nasiona z prób 2. i 4. zawierały znacznie mniej suchej masy, a nasiona z próby 3. – więcej w porównaniu z surowcem, a w konsekwencji odpowiednio więcej aminokwasów i azotu ogółem.

Podczas przetwarzania żywności mogą zachodzić reakcje chemiczne pomiędzy bocznymi łańcuchami niektórych aminokwasów lub z innymi cząsteczkami obecnymi w żywności, co może prowadzić do zmian w składzie aminokwasów [6, 9, 34]. Zmiany chemiczne aminokwasów, jakie zachodzą w trakcie zabiegów hydrotermicznych to np. dekarboksylacja, deaminacja i izomeryzacja L-aminokwasów do formy D. Aminokwasy mogą również reagować z cukrami w reakcjach Maillarda oraz z polifenolami, jak i z produktami degradacji lipidów – w reakcjach Steckera [2, 8, 16, 26]. Przemiany te powodują obniżenie poziomu aminokwasów i obniżenie jakości białka [22]. Różnorodność tych procesów powoduje, że trudno jest określić przyczynę zmian zawartości poszczególnych aminokwasów w czasie przetwarzania żywności i przygotowania jej do spożycia. Dlatego ważna jest ocena wpływu różnorodnych operacji technologicznych na te cenne, z żywieniowego punktu widzenia, związki w zależności od konkretnego surowca.

Tabela 3. Wskaźniki aminokwasów w świeżych i przetworzonych nasionach fasoli, w porównaniu ze wzorcem FAO/WHO/UNU [16].
 Table 3. Indices of amino acids in raw and processed bean seeds compared to standard reference under FAO/WHO/UNU [16].

Etap oceny Assessment stage	Odmiana fasoli Bean cultivar	Wskaźnik / Index									
		CS – Wskaźnik aminokwasu ograniczającego Chemical Score Index									
		Aminokwas / Amino acid									
		Ile	Leu	Lys	SAA	Tyr+Phe	Thr	Val	His	EAA	
Nasiona świeże Raw seeds	Igo	139	120	134	73	242	151	125	113	131	
	Lap	124	113	115	65	226	129	128	104	119	
Nasiona ugotowane (produkt 1)/ Cooked seeds (product 1)	Igo	125	113	123	63	222	138	126	101	120	
	Lap	122	110	116	66	218	125	124	106	118	
Produkt przygotowany do spożycia po 12 miesiącach składowania Ready-to-eat product after 12 month storage	blanszowane przed mrożeniem (product 2) blanched before freezing (product 2)	Igo	111	108	112	70	218	131	118	100	115
		Lap	134	128	132	64	244	148	131	117	130
	ugotowane przed mrożeniem (produkt 3) cooked before freezing (product 3)	Igo	143	125	137	79	260	154	137	127	138
		Lap	142	135	144	64	280	154	141	132	139
sterylizowane (produkt 4)/ sterilized (product 4)	Igo	127	119	120	62	241	139	128	106	123	
	Lap	136	125	127	67	247	146	136	98	127	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

EAA – zintegrowany wskaźnik aminokwasów egzogennych / integrated index of essential amino acids; SAA – suma aminokwasów siarkowych / sulphur amino acids in total;

Igo – odmiana 'Igołomska' / 'Igołomska cultivar; Lap – odmiana 'Laponia' / 'Laponia' cultivar.

Białko świeżych, jak również przygotowanych do spożycia nasion fasoli o niepełnej dojrzałości charakteryzowało się wysoką jakością wyrażoną wartością wskaźnika CS i EAA (tab. 3). Aminokwasami ograniczającymi, w porównaniu ze wzorcem FAO/WHO/UNU [7], były aminokwasy siarkowe (wskaźnik CS 62 - 79). W przypadku nasion fasoli typu flageolet, zbieranych w stopniu dojrzałości woskowej [30, 31], jak i w przypadku innych gatunków strączkowych, aminokwasami ograniczającymi pierwszego rzędu były aminokwasy siarkowe [5, 17, 18, 21]. Podobnie jak w przedstawionych badaniach, wartość indeksu EAA pozwoliła stwierdzić, że spośród przygotowanych do spożycia produktów, te z nasion odmiany 'Laponia' charakteryzowały się wyższą jakością białka niż z odmiany 'Igołomska'. Ponadto, najwyższą jakością charakteryzowało się białko nasion przygotowanych do spożycia według zmodyfikowanej metody (produkt 3), wyraźnie niższą – konserw sterylizowanych (produkt 4) i mrożonki tradycyjnej (produkt 2), a najniższą – nasion ugotowanych bezpośrednio po zbiorze (produkt 1). Uzyskane w pracy wartości indeksu EAA produktów gotowych były na ogół nieznacznie niższe (115 ÷ 139) niż wartości obliczone dla produktów z trzech odmian fasoli typu flageolet [30, 31].

Wnioski

1. W wyniku przeprowadzonych zabiegów technologicznych i przygotowania do spożycia produktów z nasion fasoli o niepełnej dojrzałości fizjologicznej zawartość poszczególnych aminokwasów, w porównaniu z ich ilością w surowcu, ulegała zmniejszeniu lub przyrostowi – od -33 do 27 %.
2. Aminokwasami ograniczającymi jakość białka, w porównaniu ze wzorcem (FAO/WHO/UNU, 2007), były aminokwasy siarkowe. Indeks EAA nasion przygotowanych do spożycia zawierał się w przedziale 118 ÷ 139. Wyższą wartością indeksu EAA charakteryzowało się białko przygotowanych do spożycia mrożonek otrzymanych technologią zmodyfikowaną (produkt 3), następnie – konserw sterylizowanych (produkt 4), mrożonki tradycyjnej (produkt 2) i nasion ugotowanych bezpośrednio po zbiorze (produkt 1), a wśród odmian wyższą jakością białka charakteryzowały się produkty z nasion odmiany 'Laponia'.

Literatura

- [1] AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists (15th ed.), Washington, DC, 1990.
- [2] Candela M., Astiasaran I., Bello J.: Cooking and warm-holding, effect on general composition and amino acids of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*), Chickpeas (*Cicer arietinum*), and Lentils (*Lens culinaris*). J. Agric. Food Chem., 1997, **45**, 4763-4767.
- [3] Chau Ch.F., Cheung, P.C.K., Wong, Y.S.: Effects of cooking on content of amino acids and antinutrients in three Chinese indigenous legume seeds. J. Sci. Food Agric., 1997, **75**, 447-452.

- [4] Diasoula Ngudi D., Kuo Y.H., Lambein F.: Amino acid profiles and protein quality of cooked cassava leaves or "saka-saka". J. Sci. Food Agric., 2003, **83**, 529-534.
- [5] Eppendorfer W.H., Bille S.W.: Free and total amino acid composition of edible parts of beans, kale, spinach, cauliflower and potatoes as influenced by nitrogen fertilization and phosphorus and potassium deficiency. J. Sci. Food Agric., 1996, **71**, 449-458.
- [6] Espe M., Lied E.: Fish silage prepared from different cooked and uncooked raw materials, chemical changes during storage at different temperatures. J. Sci. Food Agric., 1999, **79**, 327-332.
- [7] FAO/WHO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition, report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO technical report series, 935. [online]. Dostęp w Internecie: [5.07.2012], whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf, 2007.
- [8] Finot P.A.: The absorption and metabolism of modified amino acids in processed foods. J. AOAC Int., 2005, **88**, 894-903.
- [9] Gerrard J.A.: Protein-protein cross linking in food. Methods, consequences, applications. Trends Food Sci. Technol., 2002, **13**, 391-399.
- [10] Kmiecik W., Korus A., Lisiewska Z.: Evaluation of physico-chemical and sensory quality of frozen green grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Int. J. Food Sci. Technol., 2004, **39**, 149-155.
- [11] Kmiecik W., Lisiewska Z., Gębczyński P.: Content of amino acids in fresh and frozen and cooked broad bean seeds (*Vicia faba var major*) depending on cultivar and degree of maturity. J. Sci. Food Agric., 1999, **79**, 555-560.
- [12] Kmiecik W., Lisiewska Z., Jaworska G.: Amino acids content in fresh and preserved broad beans (*Vicia faba major*). Pol. J. Food Nutr. Sci., 1994, **3/44**, 35-43.
- [13] Korus A., Lisiewska Z., Kmiecik W.: Content of amino acids in fresh and preserved physiologically immature grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. Eur. Food Res. Technol., 2003, **217**, 148-153.
- [14] Korus A., Lisiewska Z., Kmiecik W.: Effect of freezing and canning on the content of selected vitamins and pigments in seeds of two grass pea (*Lathyrus sativus* L.) cultivars at the not fully mature stage. Nahrung-Food, 2002, **46**, 233-237.
- [15] Korus J., Gumul D., Gibiński M.: Wpływ ekstruzji na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą nasion fasoli wyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2006, **2 (47)**, 102-111.
- [16] Li J., Liu Y., Shi J., Wang Z., Hu L., Yang X., Wang C.: The investigation of thermal decomposition pathways of phenylalanine and tyrosine by TG-FTIR. Thermochemica Acta, 2008, **467**, 20-29.
- [17] Lisiewska Z., Kmiecik W., Korus A.: Content of nitrogen compounds in raw and preserved seeds of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). Eur. Food Res. Technol., 2001, **213**, 343-348.
- [18] Lisiewska Z., Kmiecik W., Słupski J.: Content of amino acids in raw and frozen broad beans (*Vicia faba var. major*) seeds at milk maturity stage, depending on the processing method. Food Chem., 2007, **195**, 1468-1473.
- [19] Lisiewska Z., Korus A., Kmiecik W.: Changes in the level of vitamin C, beta-carotene, thiamine, and riboflavin during preservation of immature grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds. Eur. Food Res. Technol., 2002, **215**, 216-220.
- [20] Lisiewska Z., Słupski J., Kmiecik W., Gębczyński P.: Availability of essential and trace elements in frozen leguminous vegetables prepared for consumption according to the method of pre-freezing processing. Food Chem., 2008, **106**, 576-582.
- [21] Lisiewska Z., Słupski J., Kmiecik W., Gębczyński P.: Effect of pre-freezing and culinary treatment on the content of amino acids of green pea. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 2008, **7 (4)**, 5-14.
- [22] Meade S.J., Reid E.A., Gerrard J.A.: The impact of processing on the nutritional quality of food proteins. J. AOAC Int., 2005, **88**, 904-922.
- [23] Murcia A.M., Lopez-Ayerra B., Martinez-Tome M., Garcia-Carmona F.: Effect of industrial processing on amino acid content of broccoli. J. Sci. Food Agric., 2001, **81**, 1299-1305.

- [24] Oser B.L.: Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Diet. Assoc.*, 1951, **27**, 396-399.
- [25] Ruiter H., De Schuurmans J., Kollöffel C.: Amino acid leakage from cotyledons of developing and germinating pea seeds. *J. Plant Physiol.*, 1984, **116**, 47-57.
- [26] Sato N., Quitain A.T., Kang K., Daimon H., Fujie K.: Reaction kinetics of amino acid decomposition in high-temperature and high-pressure water. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2004, **43**, 3217-3222.
- [27] Schneider A.V.O.: Overview of the market and consumption of pulses in Europe. *Br. J. Nutr.*, 2002, **3 (88) Suppl.**, S243-S250.
- [28] Słupski J., Korus A., Lisiewska Z., Kmiecik W.: Content of amino acids and the quality of protein in as-eaten green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) products. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2010, **45**, 733-739.
- [29] Słupski J., Lisiewska Z., Kmiecik W., Gębczyński P., Sobczyńska L.: The effect of processing on the amino acid content in green cauliflower. *Agric. Food Sci.*, 2010, **19**, 136-143.
- [30] Słupski J.: Effect of cooking and sterilisation on the composition of amino acids in immature seeds of flageolet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Food Chem.*, 2010, **121**, 1171-1176.
- [31] Słupski J.: Evaluation of the amino acid content and sensory value of flageolet bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by pre-processing methods before freezing. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2010, **45**, 1068-1075.
- [32] USDA. Composition of foods raw, processed, prepared. USDA National Nutrient Database for Standard References Release **22**. [online] Dostęp w Internecie: [29.04.2012.], <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.
- [33] Wu W., Williams W.P., Kunkel M.E., Acton J.C., Huang Y., Wardlaw F.B., Grimes L.W.: Amino acid availability and availability corrected amino acid score of Red Kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 1296-1301.
- [34] Zamora R., Gallardo E., Hidalgo F.J.: Model studies on the degradation of phenylalanine initiated by lipid hydroxylperoxides and their secondary and tertiary oxidation products. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, **56**, 7970-7975.

**EFFECT OF FREEZING AND STERILIZATION ON CONTENT OF AMINO ACIDS
AND QUALITY OF PROTEIN OF IMMATURE SEEDS OF COMMON BEAN
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.)**

S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the content of amino acids in seeds of two cultivars ('Igołomska' and 'Laponia') of common bean harvested at the wax stage of maturity and the impact of canning method on the content of those components. Analyzed were: raw seeds, cooked seeds, products frozen using a traditional method, and products of a convenience foods type (frozen using a modified method and sterilized). The traditional freezing method consisted in: blanching, freezing, frozen storage, and cooking; the modified method in: cooking, freezing, frozen storage, defrosting, and heating in a microwave oven. The raw seeds of bean harvested at the wax stage of maturity and with a content of dry matter of about 40 g/100 g contained 7085-7886 mg of amino acids per 100 g of edible portion. A technological treatment and the process of preparing the products to be ready-to-eat caused the contents of individual amino acids to change within a range between -33% and +27% compared to the raw material. The nutritional value of protein was limited by sulphur containing amino acids, thus, its quality was reduced. In the ready-to-eat products, the EAA index (of essential amino acids) ranged between 118 and 139. The

protein in the frozen products obtained using the modified method and prepared as ready-to-eat foods was characterized by the highest value of EAA index, the next were: the protein in the sterilized canned products, the protein in the traditionally frozen products, and the protein in the seeds cooked immediately after harvest. Of the cultivars analyzed, the seeds of Laponia cultivar were characterized by the best quality of protein.

Key words: immature seeds of bean, limiting amino acids, cooking, freezing, sterilization ☒