

MIROSLAW PYSZ, RENATA BIEŻANOWSKA, PAWEŁ M. PISULEWSKI

**PORÓWNANIE WPŁYWU ZABIEGÓW TERMICZNYCH
I KIEŁKOWANIA NA SKŁAD CHEMICZNY, ZAWARTOŚĆ
SUBSTANCJI NIEODŻYWCZYCH ORAZ WARTOŚĆ ODŻYWCZĄ
BIAŁKA NASION GROCHU I SOI**

Streszczenie

W pracy oceniano wpływ wybranych zabiegów kulinarnych i biologicznych (autoklawowanie, moczenie i gotowanie, kiełkowanie) na skład chemiczny, w tym zawartość kwasu fitynowego i α -galaktozydów oraz biologiczne wskaźniki jakości białka (BV, TD, NPU), w nasionach grochu odmiany Cyrkon i soi odmiany Aldana. Powyższe procesy zwiększały zawartość białka i ekstraktu eterowego w produkcie finalnym oraz spowodowały redukcję kwasu fitynowego w soi odmiany Aldana. Proces kiełkowania nasion grochu spowodował zmianę wzajemnych proporcji między galaktocukrami, a w nasionach soi ilość rafinozy i werbaskozy została całkowicie zredukowana. Wartość syntetycznego wskaźnika jakości białka ($NPU = BV \times TD$) wskazywała na nieistotny wpływ stosowanych zabiegów w przypadku nasion grochu, natomiast w nasionach soi zabieg kiełkowania istotnie ($P < 0,05$) obniżył wartość NPU.

Wstęp

Rosnące zainteresowanie modelami żywieniowymi, propagującymi ograniczenie spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego na rzecz żywności pochodzenia roślinnego [16], wynika m.in. ze świadomości ujemnego oddziaływania wysokiego spożycia mięsa i jego przetworów na organizm człowieka [4]. W tej sytuacji zwraca się uwagę na nasiona roślin strączkowych, postrzegane przede wszystkim jako alternatywne źródło białka, którego wartość biologiczna jest porównywalna z białkami pochodzenia zwierzęcego [7]. Ponadto, nasiona te charakteryzuje wysoka zawartość błonnika, niektórych składników mineralnych (Ca i P) oraz witamin z grupy B. Jedynie w przypadku nasion soi zwraca uwagę wysoka zawartość tłuszczu. Jednocześnie, istotnym czynnikiem ograniczającym szersze wykorzystanie nasion roślin strączkowych w żywieniu

człowieka jest obecność substancji nieodżywczych m.in. termolabilnych inhibitorów proteaz (trypsyny i chymotrypsyny) i amylaz, a także lektyn oraz termostabilnych fitynianów i α -galaktozydów [2, 11, 13]. Występują one przede wszystkim w surowych nasionach, jednak część z nich (głównie czynniki termostabilne), może być nadal obecna w nasionach poddanych zabiegom termicznym.

W przeciwieństwie do tradycyjnych zabiegów termicznych, metody biologiczne (m.in. kiełkowanie) znacznie obniżają zawartość termostabilnych substancji nieodżywczych i podwyższają wartość odżywczą nasion roślin strączkowych. Substancje te, zarówno fityniany, jak i α -galaktozydy (rafinoza, stachioza i werbaskoza), są wykorzystywane przez kiełkujące nasiona i ich zawartość ulega z reguły obniżeniu podczas tego procesu [3, 9].

Celem pracy było porównanie wpływu wybranych procesów termicznych (autoklawowanie i gotowanie poprzedzone moczeniem) i biologicznych (kiełkowanie) na skład chemiczny, zawartość substancji nieodżywczych (fitynianów i α -galaktozydów) oraz biologiczne wskaźniki jakości białka (BV, TD i NPU) nasion grochu i soi.

Material i metody badań

Materiałem badawczym były nasiona grochu odmiany Cyrkon (z Zakładu Doświadczalnego IHAR w Oleśnicy Małej) i soi odmiany Aldana (z Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie).

Autoklawowanie nasion przeprowadzano w standardowych warunkach (121°C, 30 min), zgodnie z zaleceniami Rackis i wsp. [20], a ich moczenie i gotowanie zgodnie z metodą Waszkiewicz-Robak [21]. Nasiona poddawane kiełkowaniu zwilżano etanolem (1 min), a następnie uwadniano (6 h) i kiełkowano na emaliowanych tacach w ciągu 4 dni, w temperaturze pokojowej. Uzyskany materiał zamrażano (-20°C) i liofilizowano przez 24 h.

Podstawowy skład chemiczny nasion surowych i poddanych zabiegom technologicznym oznaczano standardowymi metodami AOAC [1]. Zawartość kwasu fitynowego oznaczano metodą Korola i Matyki [15], a zawartość α -galaktozydów metodą wysokosprawnej cieczowej chromatografii (HPLC), zgodnie z procedurą opisaną przez Gdale i Buraczewską [8].

Wartość biologiczną (BV), strawność rzeczywiłą (TD) i współczynnik wykorzystania białka netto (NPU) oznaczano w doświadczeniach ze szczurami albinotycznymi metodą bilansową Thomasa-Mitchella, w modyfikacji Egguma [6]. Użyto samców o przeciętnej masie ciała 100 g. Przyjęto ograniczony poziom żywienia, tj. 10 g diety półsyntetycznej /zwierzę/dzień, dostarczającej 1 g białka.

Wyniki uzyskane w badaniach biologicznych poddano jednoczynnikowej analizie wariancji. Istotność różnic pomiędzy średnimi obiektowymi oceniano przy użyciu testu Duncana na poziomie istotności $P < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wpływ zabiegów termicznych i kiełkowania na podstawowy skład chemiczny nasion grochu odmiany Cyrkon i soi odmiany Aldana przedstawiono w tab. 1. Wyliczone zmiany w składzie chemicznym badanego materiału odnoszono do nasion autoklawowanych. Nie odnoszono ich natomiast do składu nasion surowych, ponieważ nie były one oceniane w równoległe prowadzonych doświadczeniach ze szczurami, ze względu na ich ujemne oddziaływanie na organizm zwierząt.

W porównaniu z nasionami autoklawowanymi, moczenie i gotowanie oraz kiełkowanie zwiększało zawartość białka w nasionach grochu i soi, odpowiednio o 5,9% i 20% oraz 3,7% i 4,7%. Podobne zmiany obserwowano także w innych pracach [5, 9, 14]. Stwierdzono również przeciwnie zmiany, tj. nieznaczny spadek zawartości białka w procesach moczenia i gotowania oraz kiełkowania nasion roślin strączkowych [18, 23]. W przypadku soi, zabiegi moczenia i gotowania oraz kiełkowania zwiększały zawartość ekstraktu eterowego odpowiednio o 37,4% i 20,2 %. Niektóre dane literaturowe potwierdzają wzrost zawartości tłuszczu w nasionach roślin strączkowych podanych omawianym zabiegom [5]. Odmienne zmiany obserwowali Bednarski i wsp. [3], którzy uzyskali spadek zawartości tłuszczu w kiełkowanych nasionach bobiku. W porównaniu z zawartością włókna surowego, w autoklawowanych nasionach grochu, moczenie i gotowanie oraz kiełkowanie zwiększało zawartość tego składnika odpowiednio o 12,5% i 16,7%. Natomiast w przypadku soi obserwowano spadek zawartości włókna surowego pod wpływem wymienionych zabiegów, odpowiednio o 24,3% i 48,5%. Ten zróżnicowany efekt zabiegu kiełkowania jest częściowo potwierdzony przez innych autorów. Donangelo i wsp. [5] nie wykazali bowiem żadnych zmian zawartości błonnika w kiełkowanych nasionach soi, i nieznaczny spadek w kiełkowanych nasionach fasoli. Natomiast Zduńczyk i wsp. [23] stwierdzili obniżenie poziomu włókna surowego w nasionach roślin strączkowych (fasola, groch soczewica) o 23%. Zgodnie z oczekiwaniami, podczas procesu moczenia i gotowania nastąpiła dyfuzja niektórych składników mineralnych z nasion do roztworu, co spowodowało spadek zawartości popiołu, zarówno w nasionach grochu jak i soi. Podobne wyniki uzyskali Khalil i Mansour [14] oraz Nestares i wsp. [19].

W porównaniu z nasionami autoklawowanymi, zawartość kwasu fitynowego w moczonych i gotowanych nasionach grochu i soi kształtowała się odmiennie (tab. 1). W nasionach grochu stwierdzono wzrost (17%), a w nasionach soi spadek (31%) zawartości tego związku. Uzyskany wynik jest pewnym zaskoczeniem. W świetle danych literaturowych moczenie i gotowanie nasion roślin strączkowych (soczewicy, ciecic-

rzycy) prowadzi z reguły do 20–30% spadku zawartości kwasu fitynowego [9, 19]. Jednak badania Zduńczyka [23] wskazywałyby na niewielki spadek poziomu kwasu fitynowego w gotowanych nasionach grochu. Spadek zawartości kwasu fitynowego w nasionach soi potwierdza natomiast wspomnianą regułę. Proces kiełkowania nasion grochu, podobnie jak w przypadku zabiegu moczenia i gotowania, zwiększał nieznacznie (3,2%) zawartość kwasu fitynowego. Jest to jednak zgodne z wynikami Donangelo i wsp. [5], którzy również uzyskali zwiększony poziom tego kwasu w kiełkowanej fasoli. Wzrost zawartości kwasu fitynowego zaobserwowali także Bednarski i wsp. [3] w nasionach bobiku. Natomiast w kiełkowanych nasionach soi, zawartość kwasu fitynowego spadła o ok. 37%, co jest zgodne z wartościami uzyskanymi przez innych autorów [10, 14].

Wyjściowa zawartość termostabilnych α -galaktozydów (rafinozy, stachiozy i werbaskozy) w autoklawowanych nasionach grochu i soi (tab. 1) ulegała częściowej redukcji w wyniku moczenia i gotowania. W przypadku nasion grochu spadek zawartości rafinozy wyniósł 71%, stachiozy 43%, werbaskozy 54%, natomiast w przypadku soi wartości te wynosiły odpowiednio 42%, 57% i 23%. Podobne obniżenie zawartości galaktocukrów (głównie stachiozy) w procesie moczenia i gotowania nasion bobu obserwowali również Khalil i Mansour [14]. Proces kiełkowania drastycznie obniżył zawartość α -galaktozydów w nasionach grochu i soi. W stosunku do nasion autoklawowanych, ilość rafinozy, stachiozy i werbaskozy w nasionach grochu spadła odpowiednio o 68%, 56%, 71%, natomiast w nasionach soi, ilość rafinozy i werbaskozy została całkowicie zredukowana, a stachiozy spadła o 89%. Podobne wyniki uzyskali inni autorzy poddając kiełkowaniu nasiona soi, grochu, łubinu, bobu [5, 14]. Zastosowanie wspomnianych wyżej procesów technologicznych spowodowało zmianę wzajemnych proporcji pomiędzy galaktocukrami. W nasionach grochu autoklawowanego dominowała werbaskoza, natomiast po skiełkowaniu stachioza. Ponadto w skiełkowanych nasionach soi zawartości werbaskozy i rafinozy były zerowe. Spośród zastosowanych zabiegów technologicznych, kiełkowanie nasion było procesem pozwalającym na największe obniżenie lub całkowitą eliminację zawartości α -galaktozydów w analizowanych nasionach roślin strączkowych.

Wyniki biologicznej oceny jakości białka nasion zestawiono w tab. 2. Wartość biologiczna (BV) białka autoklawowanych nasion grochu i soi była zbliżona i wynosiła odpowiednio 61% i 59%. Stosowane zabiegi nie miały istotnego wpływu na BV białka grochu, natomiast w przypadku soi wystąpił istotny spadek ($P < 0,05$) wartości BV białka nasion kiełkowanych w stosunku do moczonych i gotowanych. Strawność rzeczywista białka (TD) autoklawowanych nasion grochu i soi kształtowała się na zbliżonym poziomie, przyjmując odpowiednio wartości 92% i 90%. Moczenie i gotowanie nasion grochu zwiększało istotnie ($P < 0,05$) strawność rzeczywistą białka do 97%. Natomiast w przypadku soi, wpływ moczenia i gotowania nasion na wartość TD był

Tabela I

Wpływ wybranych procesów technologicznych na podstawowy skład chemiczny, zawartość kwasu fitynowego i α -galaktozydów w nasionach grochu odmiany Cyrkon i soi odmiany Aldana.
Effect of the selected processing methods on gross chemical composition, phytic acid and α -galactosides content in pea (cv. Cyrkon) and soybean (cv. Aldana) seeds.

Odmiana Cultivar	Procesy technologiczne Processing methods	Sucha masa Dry matter % s.m.	Białko Protein % s.m.	Ekstrakt eterowy Ether extract % s.m.	Włókno surowe Crude fiber % s.m.	Popiół Ash % s.m.	Kwas fitynowy Phytic acid mg/g	Rafinoza Raffinose mg/g	Stachioza Stachyose mg/g	Werbaskoza Verbascose mg/g
Groch ¹ Pea Cyrkon	Autoklawowanie Autoclaving	92.4	20.4	1.4	4.8	2.9	5.34	3.91	12.49	15.45
	Moczenie i gotowanie Soaking and cooking	97.3	22.8	1.5	5.4	2.4	6.25	1.14	7.11	7.10
	Kielkowanie Germinating	97.4	24.1	1.7	5.6	3.2	5.51	1.24	5.46	4.45
Soja ² Soybean Aldana	Autoklawowanie Autoclaving	93.2	33.1	16.3	10.3	5.1	7.58	3.92	31.28	0.53
	Moczenie i gotowanie Soaking and cooking	97.6	41.9	22.4	7.8	4.3	5.22	2.27	13.39	0.41
	Kielkowanie Germinating	97.7	37.8	19.6	5.8	6.0	4.78	—	3.32	—

¹ Podstawowy skład chemiczny nasion grochu odmiany Cyrkon (% s.m.): białko 22,8; ekstrakt eterowy 1,3; włókno surowe 5,2; popiół 3,5.
Gross chemical composition of pea (cv. Cyrkon) seeds: protein 22,8; ether extract 1,3; crude fiber 5,2; ash 3,5.

² Podstawowy skład chemiczny nasion soi odmiany Aldana (% s.m.): białko 32,1; ekstrakt eterowy 20,4; włókno surowe 5,9; popiół 6,3.
Gross chemical composition of soybean (cv. Aldana) seeds: protein 32,1; ether extract 20,4; crude fiber 5,9; ash 6,3.

nieistotny, a kiełkowanie powodowało spadek wartości tego wskaźnika. Podobne wyniki uzyskano w analogicznych pracach [12, 22]. Wartość wykorzystania białka netto (NPU) w testowanych nasionach grochu w zależności od przeprowadzonego zabiegu technologicznego nie różniła się istotnie i wynosiła średnio 56%. Podobne wartości dla nasion grochu przedstawiła Lampart-Szczapa [17]. Natomiast w autoklawowanych nasionach soi wartość NPU wynosiła 53%, proces moczenia i gotowania zwiększał NPU do wartości 58%, a proces kiełkowania spowodował istotne ($P < 0.05$) obniżenie wartości NPU do poziomu 42%. Zbliżone wyniki uzyskała Waszkiewicz-Robak [22], natomiast Donangelo i wsp. [5] uzyskali nieznaczny wzrost wartości NPU w skiełkowanych nasionach soi. Ogólnie, zabiegi moczenia i gotowania oraz kiełkowania nasion grochu i soi, obniżały z reguły wartość biologiczną białka (BV), a zwiększały jego strawność rzeczywistą (TD). Jednak syntetyczny wskaźnik wykorzystania białka netto ($NPU = BV \times TD$), nie pozwalał na jednoznaczną ocenę efektu stosowanych zabiegów na wartość odżywczą białka badanych nasion.

Tabela 2

Wpływ procesów technologicznych na wartość biologiczną (BV), strawność rzeczywistą (TD) i współczynnik wykorzystania białka netto (NPU), soi odmiany Aldana i grochu odmiany Cyrkon.

Effect of processing methods on biological value (BV), true digestibility (TD) and net protein utilization (NPU) of pea (cultivar Cyrkon) and soybean (cultivars Aldana) seeds.

Odmiana Cultivar	Procesy technologiczne Processing methods	BV [%]	TD [%]	NPU [%]
Groch Pea	Autoklawowanie Autoclaving	61 a	92 a	57 a
Cyrkon	Moczenie i gotowanie Soaking and cooking	58 a	97 b	57 a
	Kiełkowanie Germinating	56 a	96 ab	54 a
Soja Soybean	Autoklawowanie Autoclaving	59 ab	90 ab	53 b
Aldana	Moczenie i gotowanie Soaking and cooking	62 b	94 b	58 b
	Kiełkowanie Germinating	51 a	85 a	42 a

Wartości w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($P < 0,05$).

Values in the same column with the different letters are significantly different at essential level ($P < 0.05$).

Wnioski

1. Moczenie i gotowanie oraz kiełkowanie nasion grochu i soi zwiększa zawartość białka i ekstraktu eterowego w finalnym produkcie, ale równocześnie zmniejsza ilość włókna surowego w soi.
2. Procesy termiczne i biologiczne zastosowane w powyższej pracy powodują wzrost zawartości kwasu fitynowego w nasionach grochu odpowiednio o 17% i 3%, oraz spadek w nasionach soi o 31 i 37%.
3. Proces kiełkowania powoduje całkowite zredukowanie zawartości rafinozy i werbaskozy w nasionach soi oraz zmianę wzajemnych proporcji pomiędzy galaktocukrami w nasionach grochu. W grochu autoklawowanym dominuje werbaskoza, natomiast po kiełkowaniu stachioza.
4. Procesy moczenia i gotowania oraz kiełkowania nasion grochu i soi prowadzą do wielokierunkowych zmian wskaźników wartości odżywczej białka (BV, TD). Wartość syntetycznego wskaźnika jakości białka ($NPU = BV \times TD$) wskazuje na nieistotny wpływ stosowanych zabiegów w przypadku nasion grochu, natomiast w nasionach soi zabieg kiełkowania istotnie obniżył wartość NPU.

LITERATURA

- [1] AOAC: Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA 1995.
- [2] Augustin J., Klein B.P.: Nutrient composition of raw, cooked, canned and sprouted legumes. W: Mathews R.H. (Eds), Legumes Chemistry, Technology and Human Nutrition. New York and Basel, 1989, 187.
- [3] Bednarski W., Tomasik J., Piątkowska B.: Przydatność technologiczna i wartość żywieniowa nasion bobiku po kiełkowaniu, *Przem. Spoż.*, **39**, 1985, 222.
- [4] Bingham S.A.: High-meat diets and cancer risk, *Proc. Nutr. Soc.*, **58**, 1999, 243.
- [5] Donangelo C.M., Trugo L.C., Trugo N.M.F., Eggum B.O.: Effect of germination of legume seeds on chemical composition and protein and energy utilization in rats, *Food Chem.*, **53**, 1995, 23.
- [6] Eggum B.O.: A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs, *NIAS. Copenhagen*, **406**, 1973, 8.
- [7] FAO/WHO/Expert Consultation: Protein Quality Evaluation. FAO/WHO Nutrition Meetings, Report. Food and Agriculture Organization World Health Organization. Rome, 5, 1991.
- [8] Gdala J., Buraczewska L.: Chemical composition and carbohydrate content of seeds from several lupin species, *J. Anim. Feed Sci.*, **5**, 1996, 403.
- [9] Ghorpade V.M., Kadam S.S.: Germination. W: Kadam S.S., Salunkhne D.K. (Eds), CRC Handbook of World Food Legumes. Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization, 1989, 165.
- [10] Gorospe M.J., Vidal-Valverde C., Frias J.: The effect of processing on phytic acid content of lentils. Conference Europeenne sur les Proteagineux, Angers, 1992, 429.
- [11] Górecka D., Janitz W., Flaczyk E.: Wartość odżywcza potraw z dodatkiem nasion roślin strączkowych. *Przeg. Gästr.*, **50**, 1996, 13.

- [12] Guillon F., Champ M.: Grain legumes and intestinal transit in humans. *Grain Legumes*, **11**, 1995/1996, 18.
- [13] Jacórzynski B.: Czynniki limitujące wartość odżywczą nasion roślin strączkowych, *Żyw. Człow. Met.*, **10**, 1983, 223.
- [14] Khalil A.H., Mansour E.H.: The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritional quality of faba beans. *Food Chem.*, **54**, 1995, 177.
- [15] Korol W., Matyka S.: Porównanie metod oznaczania kwasu fitynowego w ziarnie zbóż i nasionach roślin strączkowych, *Biul. Inf. Przem. Pasz.*, **2**, 1988, 45.
- [16] Kozłowska H., Troszyńska A.: Substancje zapasowe nasion roślin strączkowych. *Post. Nauk Roln.*, **6**, 1995, 75.
- [17] Lampart-Szczapa E.: Nasiona roślin strączkowych w żywieniu człowieka - wartość biologiczna i technologiczna. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, **446**, 1997, 61.
- [18] Maciejewska E., Smaczyński R., Świdorski F.: Changes in contents of selected components in soybean and bean seeds during germination, *Annals of Warsaw Agricultural University*, **20**, 1993, 51.
- [19] Nestares T., Barrionuevo M., Urbano G., Lopez-Frias M.: Effect of processing methods on the calcium, phosphorus, and phytic acid contents and nutritive utilization of chickpea (*Cicer arietinum* L.), *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1999, 2807.
- [20] Rackis J.J., Wolf W.J., Baker E.C.: Nutritional and toxicological significance of enzyme inhibitors in foods. M. Friedman (Ed.). Plenum Press, New York, 1986, 249.
- [21] Waszkiewicz-Robak B.: Możliwość skrócenia czasu trwania obróbki kulinarnej nasion soi i innych roślin strączkowych. *Biuletyn IHiAR*, **198**, 1996, 171.
- [22] Waszkiewicz-Robak B.: Wykorzystanie nasion roślin strączkowych w technologii gastronomicznej. [w:] *Podstawy technologii gastronomicznej*, (pod redakcją S. Zalewskiego), WNT, Warszawa, 1993, 119.
- [23] Zduńczyk Z., Godycka I., Frejnagel S., Krefft B., Juśkiewicz J., Milczak M.: Nutritional value of lentil seeds (*Lens culinaris*) as compared with beans and peas. *Polish J. Food and Nutr. Sci.*, **3**, 1982, 74.

THE EFFECT OF THERMAL PROCESSING AND GERMINATION ON CHEMICAL COMPOSITION, NON-NUTRITIONAL FACTORS, AND NUTRITIVE VALUE OF PEA AND SOYBEAN SEEDS

S u m m a r y

Changes in gross chemical composition, phytic acid and α -galactosides content in peas (cv. Cyrkon) and soybean (cv. Aldana) seeds as affected by different processing techniques (autoclaving, soaking and cooking, and germinating) were studied. In addition, biological indices of seed protein quality (BV, TD, and NPU) were also determined. The processing methods increased the content of protein and ether extract in final products, and decreased the content of phytic acid in soybean seeds. Germination altered relative proportions of α -galactosides in peas, whereas in soybean seeds the content of raffinose and verbascose was totally reduced. The processing techniques did not affect net protein utilization (NPU = BV x TD), determined for peas. In contrast, germination significantly ($P < 0,05$) lowered the NPU value determined for soybeans. ☒