

Małgorzata Piecyk, Elwira Worobiej, Beata Drużyńska, Rafał Wołosiak

STRAWNOŚĆ SKROBI I SKŁAD CHEMICZNY NASION BOBU (*Vicia faba*) PODDANYCH OBRÓBCE TERMICZNEJ

Zakład Oceny Jakości Żywności Wydział Nauk o Żywności
Szkoly Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. *M. Obiedziński*

W pracy porównywano zastosowanie gotowania po namoczeniu oraz autoklawowania nasion dwóch odmian bobu na skład chemiczny oraz strawność skrobi. W nasionach po procesie autoklawowania stwierdzono zbliżoną ilość popiołu i białka jak w nasionach gotowanych, natomiast ilość polifenoli była nieznacznie większa. Natomiast większe różnice stwierdzono w strawności skrobi. Nasiona autoklawowane charakteryzowały się znacznie niższym indeksem szybkości trawienia skrobi (SDRI) oraz ilością szybko dostępnej glukozy (RAG).

Hasła kluczowe: nasiona bobu, strawność skrobi, skrobia oporna, skrobia wolno trawiona, szybko dostępna glukoza

Key words: broad bean, starch digestibility, resistant starch, slowly digestible starch, rapidly available glucose

Suche nasiona roślin strączkowych są cennym źródłem wielu składników odżywczych, takich jak białka czy skrobia oraz związków o dużej aktywności biologicznej - błonnika, oligosacharydów, składników mineralnych i witamin (1). Ponadto w wielu badaniach *in vivo* wykazano, że nasiona roślin strączkowych charakteryzują się niskim indeksem glikemicznym, co związane jest z dużym udziałem skrobi wolno trawionej (SDS) i skrobi odpornej (RS) (2). Skrobia oporna definiowana jest jako skrobia i produkty jej rozkładu, które nie są wchłaniane w jelicie cienkim zdrowego człowieka. Natomiast SDS to część skrobi ulegająca powolnej, ale kompletnej hydrolizie w jelicie cienkim (3). Jej fizjologiczna przewaga nad skrobią szybko trawioną (RDS) jest związana z tym, że wpływa stabilizująco na poziom glukozy we krwi. Korzyści jakie wynikają ze spożycia SDS to m.in. profilaktyka i leczenie cukrzycy typu II, ponieważ wpływa ona na uczucie sytości poprzez odpowiedź metaboliczną, jaką jest poposiłkowy niski wzrost poziomu glukozy i insuliny we krwi (4).

Ilość SDS i RS jest uzależniona od wielu czynników, między innymi od odmiany nasion i warunków środowiskowych podczas ich uprawy, obecności innych składników pokarmowych ale przede wszystkim od typu obróbki hydrotermicznej (5, 6, 7).

Wobec powyższego, celem badań było zbadanie wpływu tradycyjnego gotowania po uprzednim namoczeniu oraz autoklawowania nasion dwóch odmian bobu na ich skład chemiczny oraz strawność skrobi.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem doświadczalnym były nasiona bobu (*Vicia faba*) odmian Basta i Bonus pochodzące z Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego „Spójnia” w Nochowie. Do nasion dodawano wodę destylowaną w stosunku wagowym 1:3 i moczoło przez 16 h, następnie wodę odlewano i zalewano ponownie wodą destylowaną w stosunku 1:5 do suchych nasion i gotowano przez 1h. Natomiast nasiona autoklawowane przygotowano przez zalanie wodą destylowaną w stosunku wagowym 1:5 w szklanych butelkach i po zakręceniu umieszczano w autoklawie laboratoryjnym (15 min, 121°C). Nasiona po procesach suszono w suszarce próżniowej w temperaturze 40°C przez 18 h, po czym mielono w młynku laboratoryjnym (IKA M20), przesiewano przez sito o wielkości oczek 125 µm. Badania strawności wykonywano bezpośrednio po zmieleniu nasion. Zawartość białka, popiołu i tłuszczu oznaczano metodami znormalizowanymi (7). Całkowitą ilość związków fenolowych (w przeliczeniu na kwas galusowy) oznaczano w ekstraktach acetonowych z odczynnikiem *Folina-Ciocalteu'a* (8). Zawartość skrobi (TS) oznaczano testem enzymatycznym (AA/AMG, Megazyme), natomiast do oznaczania ilości amylozy zastosowano metodę *Williamsa* i wsp. (9).

Strawność skrobi *in vitro* oznaczano metodą *Englysta* i wsp. (10) w modyfikacji *Chunga* i wsp. (11). Do hydrolizy skrobi stosowano pankreatynę, amyloglukozydazę i inwertazę. Na podstawie hydrolizy wyznaczano skrobię szybko trawioną (trawioną w ciągu 20 min, RDS), wolno trawioną (trawioną między 20 a 120 min, SDS) i skrobię oporną (niestrawioną po 120 min, RS) po skorygowaniu wartości o ilość wolnej glukozy (FG), obejmującej również tę pochodzącą z sacharozy. FG wyznaczano po skleikowaniu skrobi i trawieniu z inwertazą. Ilość uwolnionej glukozy podczas trawienia skrobi oraz FG oznaczano testem enzymatycznym (K-GLUC, Megazyme). Na podstawie wyników wyznaczano również indeks stopnia hydrolizy skrobi (SDRI= RDS wyrażony jako % TS) i ilość szybko dostępnej glukozy (RAG = RDS + 2xFG), aby lepiej scharakteryzować wartość żywieniową skrobi (12).

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej (Statistica v. 7.0). Do porównania średnich wartości wyników w populacjach zastosowano test *post hoc* *Dunca* przyjmując jako poziom istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W nasionach gotowanych obu odmian grochu ilość popiołu nie różniła się istotnie i wynosiła 3,6% (Tabela I), natomiast w nasionach autoklawowanych stwierdzono istotne różnice tj. w nasionach odmiany Basta jego ilość była niższa niż w odmiany Bonus. Oznaczona ilość popiołu była zbliżona do wartości podawanych w literaturze w nasionach bobu poddanego gotowaniu tj. 3,4-3,6% (13). Porównując

ilość białka można zauważyć, że w przypadku nasion odmiany Basta jego ilość była istotnie większa w mące z nasion autoklawowanych niż gotowanych. Było to prawdopodobnie spowodowane większymi stratami innych składników w czasie tego procesu. Potwierdzeniem może być obserwowane większe obniżenie ilości popiołu w tych nasionach świadczące o migracji niektórych składników mineralnych do wody.

Tab e l a 1 . Skład chemiczny nasion bobu po procesach gotowania i autoklawowania.

Table 1. Chemical composition of cooked and autoclaved broad bean seeds.

	Basta		Bonus	
	gotowane x ± SD	autoklawowane x ± SD	gotowane x ± SD	autoklawowane x ± SD
Popiół % s.m.	3,6 ^a ± 0,1	3,4 ^b ± 0,0	3,6 ^a ± 0,1	3,8 ^c ± 0,0
Białko % s.m.	38,3 ^a ± 0,4	39,9 ^b ± 0,4	38,6 ^a ± 0,2	38,6 ^a ± 0,2
Tłuszcz % s.m.	1,3 ^a ± 0,3	1,7 ^b ± 0,3	0,57 ^c ± 0,1	1,1 ^a ± 0,0
Polifenole [mg GAE /100 g s.m.]	299,0 ^a ± 1,6	333,9 ^b ± 1,3	305,7 ^c ± 0,9	310,6 ^d ± 0,9

s. m. - sucha masa/ d. m.- dry matter

x ± SD - średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe/ arithmetic mean ± standard deviation

a,b,c – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (p < 0,05) / mean values denoted by the different letter in row differ statistically significantly (p < 0,05)

Wiadomo, że procesy, takie jak moczenie, gotowanie czy sterylizacja powodują obniżenie ilości związków fenolowych. Już podczas moczenia nasion w temperaturze pokojowej obserwowane są straty związków fenolowych i w zależności od gatunku nasion i stopnia hydratacji mogą wynosić od 4,9% do prawie 38% (14). Prawdopodobnie brak tego etapu w nasionach autoklawowanych powodował, że zawartość polifenoli w tych nasionach była istotnie większa niż w nasionach gotowanych.

Porównując zawartość skrobi można zauważyć, że w przypadku nasion odmiany Bonus obserwowano istotnie większą jej ilość w nasionach autoklawowanych niż w gotowanych, natomiast w odmianie Basta zależność ta była odwrotna. Zawartość amylozy w nasionach była niska (5,8-7,7%), co było prawdopodobnie efektem wymywania amylozy podczas procesów, bo podawana ilość amylozy w mąkach z nasion natywnych w zależności od gatunku mieści się w zakresie tj. 9,4 do 15,9% (2). W nasionach autoklawowanych nie stosowano wcześniej moczenia, co mogło mieć istotny wpływ na udział amylozy w skrobi, dlatego oznaczona jej ilość była większa.

Tabela II. Zawartość skrobi i amylozy oraz frakcji skrobi wyznaczonych na podstawie trawienia *in vitro* (g/100g s. m.)Table II. Total starch and amylose content and starch fractions of processed legume seeds determined by *in vitro* starch digestion (g/100g d. m.)

	Basta		Bonus	
	gotowane x ± SD	autoklawowane x ± SD	gotowane x ± SD	autoklawowane x ± SD
Skrobia	41,6 ^{ac} ± 0,3	40,9 ^{bc} ± 0,4	40,3 ^b ± 0,1	41,8 ^a ± 0,8
Amyloza pozorna	6,0 ^a ± 0,2	6,5 ^b ± 0,1	5,8 ^a ± 0,1	7,7 ^c ± 0,1
RDS	30,2 ^a ± 0,5	21,7 ^b ± 1,1	27,1 ^c ± 1,4	20,0 ^b ± 1,0
SDS	4,6 ^a ± 0,6	7,1 ^b ± 0,6	4,9 ^a ± 0,6	12,0 ^c ± 0,3
RS	6,8 ^a ± 0,2	12,1 ^b ± 0,8	8,3 ^c ± 0,9	9,8 ^d ± 1,0
SDRI	72,6 ^a ± 1,1	53,1 ^b ± 2,7	67,1 ^c ± 2,8	47,8 ^d ± 2,5
RAG	31,3	23,0	28,4	21,0

s. m. - sucha masa/ d. m.- dry matter

x ± SD - średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe/ arithmetic mean ± standard deviation

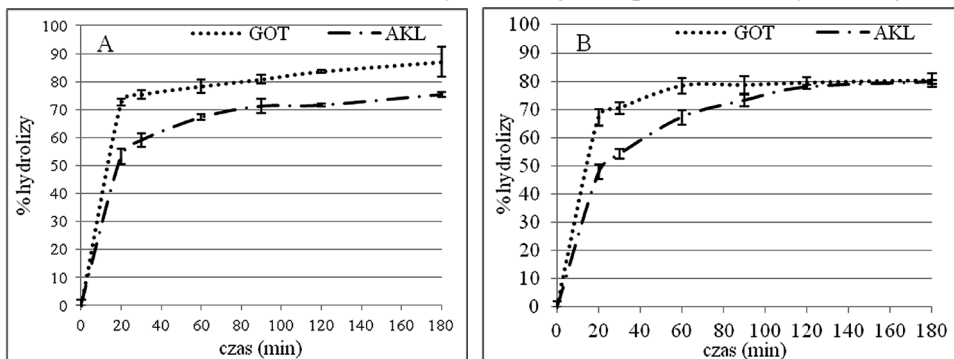
a,b,c – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (p < 0,05) / mean values denoted by the different letter in row differ statistically significantly (p < 0,05)

Porównując ilość RDS można zauważyć istotne różnice między zastosowanymi procesami tj. w nasionach autoklawowanych jej ilość była zdecydowanie mniejsza o około 26-28% niż w gotowanych (Tabela II). Na podstawie ilości RDS wyznaczono indeks szybkości trawienia skrobi (SDRI) oraz ilość szybko dostępnej glukozy (RAG), które są parametrami *in vitro* dobrze skorelowanymi ze wskaźnikami *in vivo*, takimi jak indeks glikemiczny, odpowiedź poposiłkowa glukozy i insuliny (3, 12). Wyznaczona wielkość SDRI była niższa w nasionach autoklawowanych niż gotowanych. Wyższe wartości SDRI w badaniach fasoli i ciecierzycy gotowanych dwoma sposobami (gotowanie tradycyjne i mikrofalowe) uzyskali np. *Marconi* i wsp. (5). Ponadto, w przeciwieństwie do prezentowanych rezultatów nie stwierdzili istotnego wpływu sposobu obróbki termicznej na wartość tego parametru. W nasionach poddanych obróbce termicznej w środowisku wodnym wzrost ilości RDS zależy od inaktywacji inhibitora amylazy, denaturacji białek tworzących otoczkę wokół ziarenek skrobi i usunięcia innych substancji wpływających na strawność, ale przede wszystkim od stopnia skleikowania skrobi, czemu towarzyszy częściowe wymycie amylozy. Stwierdzone w niniejszych badaniach różnice w wartości SDRI między nasionami poddanymi dwóm procesom mogły być związane z różnym stopniem skleikowania skrobi o czym mogą świadczyć różnice w udziale amylozy w skrobi, który był większy w nasionach autoklawowanych. Wyniki uzyskane przez

Rehmana i wsp (15) w badaniach strawności skrobi w dwóch odmianach fasoli wskazują, że jest ona wyższa w nasionach poddanych gotowaniu tradycyjnemu po namoczeniu niż po gotowaniu ciśnieniowym bez namaczania o prawie 8%, po zastosowaniu namaczania w obu typach obróbki termicznej zależność ta jest odwrotna.

Wartość RAG uwzględnia również ilość wolnej glukozy oraz glukozy uwolnionej podczas hydrolizy sacharozy inwertazą w produkcie. Ilość glukozy w natywnych nasionach strączkowych nie jest wysoka, ale sacharozy może dochodzić nawet do 4%. Podczas obróbki termicznej ich ilość obniża się (1), dlatego ich wpływ na wartość RAG nie jest duży. Uzyskana wartość RAG była większa w gotowanych nasionach (31,3 i 28,4), ale uzyskane wartości są mniejsze od tych podawanych w fasoli gotowanej tj. 37,5 (5) oraz dla chleba pszennego tj. 77 (10), co wskazuje na niski IG badanych nasion bobu zarówno gotowanych jak i autoklawowanych.

W nasionach gotowanych ilość SDS była na tym samym poziomie w obu odmianach, natomiast w nasionach autoklawowanych ilość SDS była większa niż w gotowanych oraz stwierdzono istotne różnice między odmianami. Natomiast oznaczona ilość RS w nasionach bobu (6,8% i 8,3%) była większa niż podawana w innych gotowanych nasionach strączkowych np. w fasoli 5,2 i 6,4% (6) czy w grochu 4,62% (7). Porównując zastosowane procesy można zauważyć, że w nasionach autoklawowanych ilość RS była wyższa niż w nasionach gotowanych, co mogło być wynikiem niecałkowitego skleikowania skrobi i w efekcie skutkowało wyższą ilością skrobi opornej typu RS2. Obserwowane zmiany w ilości RDS, SDS i RS między nasionami poddanymi różnej obróbce termicznej są nie tylko wynikiem zmian zachodzących w skrobi, ale także zmianami w jej ilości np. w wyniku przejścia niektórych substancji rozpuszczalnych do wody podczas obróbki. Na rycinie 1 przedstawiono kinetykę trawienia skrobi. W nasionach autoklawowanych w pierwszym etapie prędkość trawienia była mniejsza w porównaniu z gotowanymi. W mąkach z nasion gotowanych strawność jest większa dzięki zastosowaniu długiego moczenia nasion dzięki czemu możliwe było lepsze skleikowanie skrobi. Natomiast autoklawowanie bez wcześniejszego namaczania powodowało niecałkowite skleikowanie skrobi w wyniku czego tempo trawienia było mniejsze.



Ryc. 1. Krzywe hydrolizy skrobi in vitro w nasionach bobu gotowanych (GOT) i autoklawowanych (AKL) odmiany Basta (A) i Bonus (B)

Fig. 1. In vitro starch hydrolysis curves in cooked (GOT) and autoclaved (AKL) broad seeds variety Basta (A) and variety Bonus (B)

WNIOSKI

1. Nasiona bobu poddane obróbce termicznej charakteryzują się wysoką zawartością białka, popiołu, związków fenolowych oraz skrobi. Wyznaczona wartość indeksu strawności skrobi (SDRI) oraz szybko dostępnej glukozy (RAG) wskazują na ich niski indeks glikemiczny.

2. W nasionach po procesie autoklawowania ilość popiołu i białka była podobna jak w nasionach gotowanych, natomiast ilość polifenoli była nieznacznie większa. Ponadto, nasiona te charakteryzowały się znacznie niższą ilością RDS oraz wyższą ilością SDS. W efekcie SDRI oraz ilość szybko dostępnej glukozy (RAG) w tych nasionach były niższe.

3. Rezultaty badań wskazują, że odpowiednio dobrane warunki procesu hydrotermicznego nasion strączkowych mogą skutkować mniejszymi stratami polifenoli oraz obniżeniem ich indeksu glikemicznego.

M. Piecyk, E. Worobiej, B. Drużyńska, R. Wołosiak

STARCH DIGESTIBILITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF BROAD BEAN (*Vicia faba*)
AFTER THERMAL PROCESSES

Summary

The study was undertaken to compare cooking after soaking and autoclaving of the two variety of broad bean on the chemical composition and starch digestibility. In broad bean seeds after autoclaving process and after cooking, contents of ash and protein were similar. The content of polyphenols was slightly higher. While the higher differences in starch digestibility were found. The seeds after autoclaving process were characterized by significantly lower value of the starch digestion index (SDRI) and quantity of rapidly available glucose (RAG).

PIŚMIENNICTWO

1. Wang N., Hatcher D. W., Tyler R. T., Toews R., Gawalko E.J.: Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). Food Res. Int., 2010; 43(2): 589–594.- 2. Chung H.-J., Liu Q., Hoover R., Warkentin T. D., Vandenberg B.: *In vitro* starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. Food Chem., 2008; 111(2): 316-321.- 3. Englyst H.N., Kingman S.M., Cummings J.H.: Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. Eur. J. Clin. Nutr., 1992; 46(Suppl.2): 33-50.- 4. Englyst H. N., Veenstra J. Hudson 'G. J.: Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential *in vitro* predictor of the glycaemic response. Br. J. Nutr., 1996; 75(3): 327-337.- 5. Marconi E.; Ruggeri S.; Cappelloni M.; Leonardi D.; Caenovale E.: Physical, nutritional, and microstructural characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking. 2000; J. Agric. Food Chem., 48(12): 5986-5994.- 6. Osario- Diaz P., Bello- Perez L. A., Agama-Acevedo E., Vargas- Torres A., Tovar J., Paderes- Lopez O.: *In vitro* starch digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). 2002; Food Chem., 78(3): 333-337.- 7. Rosin P.M., Lajolo F.M., Menezes E.W.: Measurement and characterization of dietary starches. 2002; J. Food Comp. Anal., 15(4): 367-377.- 8. AOAC, Official Methods of Analysis, 16th ed., 1995.- 9. Slinkard K., Singleton V.L. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. Am. J. Enol. Vitic., 1977; 28(1): 49-55.- 10. Williams, P. C., Kuzina, F. D., & Hlynka, I. A rapid colorimetric

procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 1970; 47(4):411–420.

11. Chung H.-J., Liu Q., Hoover R.: Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydr. Polym.*; 2009; 75(3): 436–447.- 12. Periago, Englyst H. N., Hudson G.J.: The influence of thermal processing on the non-starch polysaccharide (NPS) content and *in vitro* digestibility of starch in peas (*Pisum sativum*, L). *Lebensm.- Wiess u- Technol.* 1996: 29(1-2): 33-40.– 13. Kmieciak W., Lisiewska Z., Jaworska G.: Content of Ash components In the fresh and preserved broad bean (*Vicia faba v major*). *J. Food Compos. Anal.*, 2000; 13(6): 905-914. – 14. Xu B., Chang S. K. C.: Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chem.*, 2008; 110(1): 1-13. – 15. Rehman Z., Salariya A.M., Zafar S.I.: Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem.*, 2001; 73(3): 351-355.

Adres: 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159