

Wioletta BIEL, Izabela JASKOWSKA

WŁAŚCIWOŚCI ŻYWIENIOWE NASION SZARŁATU (*AMARANTHUS CRUENTUS*)

DIETARY PROPERTIES OF AMARANTH SEEDS (*AMARANTHUS CRUENTUS*)

Zakład Żywienia Zwierząt i Żywności, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Doktora Judyma 2, 71-466 Szczecin

Abstract. The nutritional value of the amaranthus seeds (*Amaranthus cruentus* L.) Aztek cv. was studied. Seeds contained about 17% protein, 8% fat, 3.5% ash and 6.5% crude fibre. The concentration of essential amino acids in crude protein were high. Crude protein had a high level of lysine – $4.72 \text{ g} \cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$. First limiting amino acid (CS) was isoleucine. All the estimated nutritional quality parameters based on amino acids composition showed that amaranthus protein had good nutritional quality, 93% – EAAI, 2.7 – predicted PER, 74 – predicted BV. Beneficial is also crude fat composition. Among amaranthus lipids the majority were unsaturated fatty acids (oleic – 25% and linoleic – 49%).

Słowa kluczowe: aminokwasy, kwasy tłuszczowe, skład chemiczny, szarłat, wartość odżywcza.
Key words: amaranth, amino acids, chemical components, fatty acids, nutritive value.

WSTĘP

Szarłat (*Amaranthus spp.*) nazywany pseudo-zbożem uprawiany jest głównie w Centralnej i Południowej Ameryce od ponad 5000–7000 tysięcy lat (Repo-Carrasco-Valencia i in. 2009). Stał się obecnie przedmiotem zainteresowań badaczy z całego świata ze względu na jego wysoką wartość odżywczą oraz niecałkowicie dotąd poznany skład substancji czynnych. Nasiona szarłatu pod względem odżywczym przewyższają inne zboża. Według Escudero i in. (2004) nasiona gatunku *Amaranthus cruentus* zawierają 16,6% białka, 8,8% tłuszczu, 3,4% popiołu. Roślina ta posiada białko o korzystnym składzie aminokwasowym – więcej lizyny, tryptofanu i aminokwasów siarkowych. Nasiona są również bogatym źródłem wapnia, żelaza, potasu, fosforu oraz witaminy A i C (Prakash i in. 1995; TingXuan i GuoRui 2004). Tłuszcz zawarty w nasionach jest bogaty w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (Kuhn i in. 2001; Berganza i in. 2003). Duża ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych przyczynia się do korzystnego oddziaływania zdrowotnego szarłatu. W badaniach na szczurach (Czerwiński i in. 2004; Escudero i in. 2006), chomikach (Mendonça i in. 2009) czy drobiu (Qureshi i in. 1999) wykazano efekt hipolipemizujący nasion *Amaranthus cruentus* poprzez ocenę profilu lipidowego krwi oraz zawartość składników lipidowych w komórkach wątroby.

Celem pracy było określenie składu chemicznego nasion szarłatu, ze szczególnym uwzględnieniem wartości odżywczej białka i tłuszczu oraz frakcji włókna surowego.

MATERIAŁ I METODY

Podstawowy materiał badawczy stanowiły nasiona szarłat *Amaranthus cruentus* L. odmiany Aztek o wiechach ciemnobrunatnych, otrzymane z PPH „Szarłat” S.C. w Łomży ze zbioru z 2008 roku.

Analizy chemiczne

Podstawowy skład chemiczny nasion szarłat oznaczono metodą standardową (AOAC 1990). Frakcje włókna: NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre), ADL (acid detergent lignin) oznaczono z zastosowaniem metody Van Soest i in. (1991) na aparacie ANCOM 220. Hemicelulozę obliczono z różnicy pomiędzy NDF i ADF oraz celulozę – z różnicy ADF i ADL. Na fotometrze Flapho-4 oznaczono wapń, potas i sód. Fosfor oznaczono metodą kolorymetryczną na aparacie SPEKOL 11, firmy Carl Zeiss Jena.

Udział aminokwasów w białku ocenianych nasion szarłat, z wyjątkiem tryptofanu, oznaczono na analizatorze aminokwasowym typ AAA-400, po uprzedniej hydrolizie 6 M HCl. Ponadto aminokwasy siarkowe poddano hydrolizie po uprzednim utlenieniu mieszaniną kwasu mrówkowego i nadtlenku wodoru. Tryptofan oznaczono zgodnie z metodą AOAC (1990). Skład aminokwasowy przedstawiono w g na 16 g azotu.

Analizę składu chemicznego i udziału kwasów tłuszczowych wykonano metodą chromatografii gazowej, na aparacie VARIAN CP3800. Rozdział prowadzono w kolumnie kapilarnej CPWAX 52 CB (parametry – 60 m x 0,25 mm). Temperatura iniektora i detektora FID wynosiła 260°C. Użyto helu jako gazu nośnego, którego przepływ wynosił 1,4 cm³ na minutę.

Ocena wartości odżywczej białka szarłat

Wskaźnik CS (chemical score) określono na podstawie procedury podanej przez Block i Mitchell (1946) z zastosowaniem dwóch standardów: aminokwasów dla człowieka dorosłego (MH) – FAO/WHO 1991 oraz białka jaja kurzego (WE) – FAO 1985.

Wskaźnik aminokwasów niezbędnych (EAAI) obliczono jako średnią geometryczną wszystkich aminokwasów egzogennych do zawartości tych aminokwasów w danym wzorcu.

Przewidywaną wartość PER (protein efficiency ratio) obliczono za pomocą trzech równań regresji podanych przez Alsmeyer i in. (1974):

$$PER_1 = -0,684 + 0,456 \times Leu - 0,047 \times Pro$$

$$PER_2 = -0,468 + 0,454 \times Leu - 0,105 \times Tyr$$

$$PER_3 = -1,816 + 0,435 \times Met + 0,780 \times Leu + 0,211 \times His - 0,944 \times Tyr$$

Przewidywaną wartość BV (biological values) obliczono, stosując równanie regresji Mørupa i Olesna (1976):

$$BV = 10^{2,15} \times q_{Lys}^{0,41} \times q_{(Phe+Tyr)}^{0,60} \times q_{(Met+Cys)}^{0,77} \times q_{Thr}^{2,4} \times q_{Trp}^{0,21}$$

gdzie:

$q_i = a_i \text{ próby} / a_i \text{ wzorzec}$ dla $a_i \text{ próby} \leq a_i \text{ wzorzec}$ i $q_i = a_i \text{ wzorzec} / a_i \text{ próby}$ dla $a_i \text{ próby} \geq a_i \text{ wzorzec}$

WYNIKI I DYSKUSJA

Skład chemiczny nasion szarłatku przedstawiono w tabeli 1. Jednym z najważniejszych składników odżywczych jest białko. Nasiona odmiany Aztek zawierały 17% białka, przewyższając zawartość tego składnika w porównaniu z innymi zbożami. Jak podaje Fabijańska i in. (2003), pszenica zawiera 15%, kukurydza 10%, jęczmień 12%, owies 10% białka.

Tabela 1. Skład chemiczny nasion szarłatku ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM)
Table 1. Chemical compositions of amaranthus seeds ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM)

Sucha masa – Dry matter ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ fresh)	881,65 ± 8,41*
Białko ogólne – Total protein (N×6,25)	169,00 ± 0,31
Tłuszcz – Oil	82,91 ± 0,97
Włókno surowe – Crude fibre	64,94 ± 0,38
Popiół całkowity – Total ash	35,27 ± 0,63
BAW – NFE	647,88 ± 1,53
NDF – Neutral detergent fibre	81,62 ± 2,47
ADF – Acid detergent fibre	53,73 ± 0,17
ADL – Acid detergent lignin	9,84 ± 0,05
Celuloza – Cellulose	43,89 ± 0,22
Hemiceluloza – Hemicellulose	27,89 ± 2,30
Wapń – Calcium	2,22 ± 0,08
Fosfor – Phosphorus	5,28 ± 0,04
Potas – Potassium	4,90 ± 0,18
Sód – Sodium	0,13 ± 0,01

* średnia ± odchylenie standardowe – mean ± standard deviation

Wartość pokarmowa jest uzależniona od ilości i rodzaju włókna pokarmowego oraz zawartości NSP (polisacharydów nieskrobiowych). Pomimo tego, że wraz ze wzrostem zawartości włókna obniża się wykorzystanie składników pokarmowych (np. aminokwasów), pewna jego ilość jest niezbędna do prawidłowego przebiegu procesu trawienia. Badane nasiona szarłatku charakteryzowały się zawartością $65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM włókna. Z danych zebranych przez Bobel i Sokół (2002) wynika, że zawartość włókna może sięgać do $80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM. O jakości włókna w dużej mierze decyduje lignina, która wpływa ujemnie na strawność i wartość odżywczą pasz szczególnie dla zwierząt monogastrycznych, które nie trawią ligniny (Kowalczyk i Żebrowska 1997).

Ważnym składnikiem nasion szarłatku jest tłuszcz. Odmianę Aztek charakteryzowała zawartość tłuszczu ogółem na poziomie $83 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM. Otrzymane wyniki są nieco niższe od uzyskanych przez Bressanigo (1988), który w nasionach szarłatku stwierdził zawartość tłuszczu na poziomie 77–128 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ SM. Prakash i Pal (1991) stwierdzili, że zawartość tłuszczu jest różna w zależności od gatunku. Nasiona szarłatku zawierają więcej tłuszczu ogółem w porównaniu z innymi zbożami: pszenicą, jęczmieniem, żytem czy owsem (Prokopowicz 2001). Korzystny skład tłuszczu nasion szarłatku jest jedną z głównych przyczyn dobrej wartości żywieniowej i zdrowotnej tej rośliny. Badane nasiona szarłatku charakteryzował duży udział nienasyconych kwasów tłuszczowych (tab. 2). Są to szczególnie cenne kwasy: linolowy (49%), oleinowy (24%), a także linolenowy (1%). Nasycone kwasy (25%) reprezentuje kwas palmitynowy (20%). Wartości te potwierdzają badania Gamela i in. (2007). Duża ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych przyczynia się do korzystnego oddziaływania zdrowotnego szarłatku (Januszewska-Jóźniak i Synowiecki 2008).

Tabela 2. Skład tłuszczu nasion szarłat (% tłuszczu ogółem)
Table 2. Fat composition of amaranthus seeds (% of total lipid)

C12:0 (lauric)	0,01
C14:0 (Myristic)	0,17
C16:0 (Palmitic)	19,87
C17:0 (heptadecanoic)	0,11
C18:0 (Stearic)	4,03
C20:0 (Arachidic)	0,92
C24:0 (Lignoceric)	0,30
C16:1 (Palmitoleic)	0,08
C18:1 (Oleic)	24,44
C20:1 (Eicosenoic)	0,23
C22:1 (Erucic)	0,05
C18:2 (Linoleic)	48,80
C18:3 (Linolenic)	0,84
SFA	25,16
UFA	74,51
MUFA	24,80
PUFA	49,71
DFA	78,54
OFA	20,04

SFA – nasycone kwasy tłuszczowe – saturated fatty acids;

UFA – nienasycone kwasy tłuszczowe – unsaturated fatty acids;

MUFA – jednonienasycone kwasy tłuszczowe – monounsaturated fatty acids;

PUFA – wielonienasycone kwasy tłuszczowe – polyunsaturated fatty acids;

DFA – kwasy neutralne i hipocholesterolemiczne – neutral and hypocholesterolemic acids (C18:0 + UFA);

OFA – kwasy hipercholesterolemiczne – hypercholesterolemic acids (C14:0 + C16:0).

Badane właściwości żywieniowe nasion szarłat odmiany Aztek uzupełniono o zawartość składników mineralnych (tab. 1). Zawartość składników mineralnych wyrażonych jako popiół całkowity był na poziomie $35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}\text{SM}$. Największy udział w składzie popiołu ma fosfor ($5,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}\text{SM}$), na drugim miejscu znajduje się potas ($5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}\text{SM}$). Nasiona szarłat są lepszym od tradycyjnych zbóż źródłem składników mineralnych (Prokopowicz 2001).

Kolejnym etapem badań było określenie składu aminokwasowego (tab. 3), który decyduje o wartości odżywczej białka. Białko nasion szarłat w porównaniu z innymi zbożami, zawiera cenne aminokwasy egzogenne. Jest bogatym źródłem lizyny – aminokwasu ograniczającego jakość białka innych zbóż (Pedersen i in. 1987). Badane nasiona szarłat zawierały $4,7 \text{ g} \cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$ lizyny. Niższa niż w innych zbożach była jedynie zawartość izoleucyny a także leucyny. Białko nasion szarłat jest bogate również w aminokwasy siarkowe ($4,4 \text{ g} \cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$). Korzystnym składem aminokwasowym białka przewyższa większość zbóż, bo jest bogate zarówno w lizynę, jak i metioninę i cystynę.

W tabeli 4 zamieszczono wskaźniki wartości odżywczej białka nasion szarłat. Wskaźnik CS wyniósł 55% według standardu jaja kurzego i 75% – dla ludzi. Pierwszym aminokwasem ograniczającym jakość białka w obu przypadkach okazała się izoleucyna. Wysoki poziom aminokwasów egzogennych znalazł odzwierciedlenie we wskaźniku aminokwasów niezbędnych EAAI, który określony według standardu dla ludzi wyniósł aż 93%. Obliczone przewidywane wskaźniki BV oraz PER potwierdzają wysoką wartość odżywczą białka. Podobne wartości wymienionych wskaźników określone na podstawie doświadczeń na zwierzętach uzyskali Pedersen i in. (1987) oraz Valle i in. (1993).

Tabela 3. Skład aminokwasowy nasion szarłat
Table 3. Amino acid compositions of amaranthus seeds

Wyszczególnienie – Item		MH ^a (%)	WE ^a (%)
Aminokwasy niezbędne – Essential amino acids (g · 16 g N ⁻¹)			
Lys	4,72 ± 0,13	87	69
Met+Cys	4,39 ± 0,08	124	76
Cys	2,14 ± 0,04		
Thr	3,65 ± 0,18	94	80
Ile ^b	3,00 ± 0,07	76	56
Trp	1,55 ± 0,03	153	90
Val	4,57 ± 0,15	94	71
Leu	7,74 ± 0,30	114	93
His	2,69 ± 0,12		126
Phe+Tyr	7,09 ± 0,19	120	78
Tyr	3,30 ± 0,10		
Aminokwasy endogenne – Non-essential amino acids (g · 16 g N ⁻¹)			
Arg	8,50 ± 0,23		
Asp	7,83 ± 0,28		
Ser	4,99 ± 0,27		
Glu	17,59 ± 0,37		
Pro	4,33 ± 0,15		
Gly	7,02 ± 0,13		
Ala	3,99 ± 0,12		
Suma – Total AA (g · 16 g N ⁻¹)	93,68 ± 2,33		

^a Poziom aminokwasów wyrażony jako % w stosunku do standardu – Amino acid levels expressed as % of standards; MH – mature human, WE – whole egg protein standards,

^b Pierwszy aminokwas ograniczający – First limiting amino acid.

Tabela 4. Wskaźniki wartości odżywczej białka nasion szarłat
Table 4. Nutritional parameters of studied amaranthus protein seeds

EAA _{MH} (g · 16 g N ⁻¹)	36,72 ± 0,90*
EAA _{MH} as per cent of total AA	39,20 ± 0,01
CS _{MH}	75,00 ± 1,66
EAAI _{MH}	92,52 ± 1,56
EAA _{WE} (g · 16 g N ⁻¹)	39,42 ± 1,02
EAA _{WE} as per cent of total AA	42,08 ± 0,04
CS _{WE}	55,56 ± 1,23
EAAI _{WE}	77,19 ± 1,34
BV _{MH}	73,86
BV _{WE}	44,63
PER ₁	2,64
PER ₂	2,70
PER ₃	2,66

* średnia ± odchylenie standardowe – mean ± standard deviation

PODSUMOWANIE

Podsumowując wyniki można stwierdzić, że nasiona szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) odmiany Aztek zawierają składniki o dużej wartości odżywczej, co wyróżnia je korzystnie spośród innych tradycyjnie stosowanych zbóż. Charakteryzuje go wysoki poziom białka (17%) o korzystnym składzie aminokwasowym, wpływającym na wyższą jakość białka. Badane nasiona szarłat były również bogate w składniki mineralne, a także charakteryzowały się dobrą wartością żywieniową tłuszczów. Ze względu na wykazaną w przedstawionej pracy wysoką wartość odżywczą tego surowca celowe byłoby większe zastosowanie w diecie Polaków, a także w mieszankach paszowych.

PIŚMIENNICTWO

- Alsmeyer R.H., Cunningham A.D., Happich M.L.** 1974. Equations predict PER from amino acid analysis. *Food Tech.* 28, 34–38.
- AOAC 1990.** Official Methods of Analysis, 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- Berganza B.E., Moran A.W., Moran G., Rodriguez Coto N.M., Santamaria M., Bressani R.** 2003. Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of amaranth. *Plant Foods Hum. Nutr.* 58, 1–6.
- Bobel B.K., Sokół J.** 2002. Wartość pokarmowa nasion szarłat (*Amaranthus* ssp.). *Post. Nauk. Roln.* 49, 69–80.
- Block R.J., Mitchell H.H.** 1946. The correlation of the amino acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutr. Abstr. Rev.* 16, 249.
- Bressani R.** 1988. Amaranth: the nutritive value and potential uses of the grain and byproducts. *Food Nutr. Bull.* 10, 49–59.
- Czerwiński J., Bartnikowska E., Leontowicz H., Lange E., Leontowicz M., Katrich E., Trakhtenberg S., Gorinstein S.** 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J. Nutr. Biochem.* 15, 622–629.
- Escudero N.L., Arellano M.L., Luco J.M., Giménez M.S., Mucciarelli S.I.** 2004. Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 59, 15–21.
- Escudero N.L., Zirulnik F., Gomez N.N., Mucciarelli S.I., Giménez M.S.** 2006. Influence of a protein concentrate from *Amaranthus cruentus* seeds on lipid. *Exp. Biol. Med.* 231, 50–59.
- Fabijańska M., Kosieradzka I., Bekta M.** 2003. Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Cz. I. Owies nagi w żywieniu tuczników. *Biul. IHAR.* 229, 317–328.
- FAO 1985.** FAO/WHO. Energy and protein requirements. Tech. Rep. Ser. No. 522. Rome: World Health Organization.
- FAO/WHO 1991.** Protein quality evaluation. Report of a joint FAO-WHO expert consultation. Rome. FAO. Food Nutr. 51.
- Gamel T.H., Mesallam A.S., Damir A.A., Shekib L.A., Linssen J.P.** 2007. Characterization of amaranth seed oils. *J. Food Lipids.* 14, 323–334.
- Januszewska-Jóźniak K., Synowiecki J.** 2008. Charakterystyka i przydatność składników szarłat w biotechnologii żywności. *Biotechnol.* 3, 89–102.
- Kowalczyk J., Żebrowska T.** 1997. Włókno w żywieniu przeżuwaczy [w: Włókno pokarmowe – skład chemiczny i biologiczne działanie]. *Mater. Konf. Nauk. Radzików.* 24–25.04.1997, 119–127.
- Kuhn M., Goetz H., Zembrom A., Schnell F., Seibold S., Cisse M.** 2001. Characteristics and technology of amaranth doughs and batters. *Getreide Mehl. Brot.* 54, 371–375.
- Mendonça S., Saldiva P.H., Cruz R.J., Arêas J.A.G.** 2009. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. *Food Chem.* 116, 738–742.
- Mørup I., Olesen E.** 1976. New method for prediction of protein value from essential amino acid pattern. *Nutr. Rep. Int.* 13, 355–365.
- Pedersen B., Hallgren L., Hansen I., Eggum B.O.** 1987. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). *Plant. Foods Hum. Nutr.* 36, 325–334.
- Prakash D., Pal M.** 1991. Nutritional and antinutritional composition of vegetable and grain amaranth leaves. *J. Sci. Food Agric.* 57, 573–583.
- Prakash D., Joshi B.D., Pal M.** 1995. Vitamin C in leaves and seed oil composition of the *Amaranthus* species. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 46 (1), 47–51.
- Prokopowicz D.** 2001. Właściwości zdrowotne szarłat (*Amaranthus cruentus*). *Med. Weter.* 57, 559–561.
- Qureshi A.A., Lehmann J.W., Peterson D.M.** 1999. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *J. Nutr.* 126 (8), 1972–1978.
- Repo-Carrasco-Valencia R., Peña J., Kallio H., Salminen S.** 2009. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J. Cereal Sci.* 49, 219–224.

- TingXuan L., GuoRui M.** 2004. Study on biochemistry of potassium-rich grain amaranth. *Plant. Nutr. Fertilizer Sci.* 10 (4), 380–385.
- Valle F.R., Escobedo M., Sanchez-Marroquin A., Bourges H., Bock M.A., Biemer P.** 1993. Chemical and nutritional evaluation of two amaranth (*Amaranthus cruentus*) - based infant formulas. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 43 (2), 145–56.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A.** 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597.