

**Jakub Frankowski*

Właściwości odżywcze i lecznicze sorgo (*Sorghum Moench*)

Nutritional and therapeutic properties of sorghum (*Sorghum Moench*)

Zakład Hodowli i Agrotechniki Roślin Włóknistych i Energetycznych,
Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu
Dyrektor Naukowy Instytutu: prof. dr n. techn. Ryszard M. Kozłowski

SUMMARY

Sorghum (Sorghum Moench) is an annual, short day with C4 photosynthesis cycle plant. It ranks fifth place in worldwide importance among cereal crops. In recent years, intensive breeding has led to the emergence of new varieties of sorghum, which are capable of producing seeds in temperate climate, including in Poland. But, only fully mature sorghum grains are able to be used for nutritional purposes. The main ingredient in the grains is starch. Compared to corn, sorghum grains are better source of polyunsaturated fatty acids. In addition, they are a good source of B vitamins and fat-soluble vitamins as well as macro- and microelements. Sorghum is also a good source of polyphenolic compounds: phenolic acids, flavonoids and tanins. It is also characterized by high antioxidant content, which lowers HDL cholesterol in the blood and helps with weight loss. Moreover, it is recommended for people with diabetes because of its low glycemic index. Numerous studies have also shown the positive impact of sorghum on certain types of cancer. Consequently, eating sorghum can have a positive effect on our health, therefore it is recommended to add it to the daily diet.

Keywords: sorghum, nutrients, therapeutic properties, civilization disorders

STRESZCZENIE

Sorgo (Sorghum Moench) jest jednoroczną rośliną jarą dnia krótkiego o cyklu fotosyntezy typu C4. Zajmuje piąte miejsce wśród zbóż na świecie. Intensywne prace hodowlane doprowadziły do powstania w ostatnich latach wielu nowych odmian sorgo, które są zdolne do wydania nasion w klimacie umiarkowanym, w tym także w Polsce. Na cele spożywcze można wykorzystywać w pełni dojrzałe ziarno sorgo. Ich głównym składnikiem jest skrobia. W porównaniu z kukurydzą są one bogatszym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Ponadto stanowią dobre źródło witamin z grupy B oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, a także makro- i mikroelementów. Ziarno sorgo jest również dobrym źródłem związków polifenolowych, w tym kwasów fenolowych, flawonoidów i tanin. Co więcej, charakteryzuje się wysoką zawartością przeciwutleniaczy, dzięki czemu obniża poziom cholesterolu HDL we krwi, pomaga w obniżaniu masy ciała, a z uwagi na niski indeks glikemiczny polecane jest osobom chorym na cukrzycę. Liczne badania wykazały dodatkowo korzystne oddziaływanie ziarna sorgo na niektóre rodzaje nowotworów. W związku z tym spożywanie ziarna sorgo może mieć pozytywny wpływ na nasze zdrowie, dlatego warto urozmaicić nim codzienną dietę.

Słowa kluczowe: sorgo, substancje odżywcze, właściwości lecznicze, choroby cywilizacyjne

Wstęp

Sorgo (*Sorghum Moench*), należące do roślin wiechlinowatych (*Poaceae*), jest jednoroczną rośliną jarą dnia krótkiego o cyklu fotosyntezy typu C4 (1, 2). Zajmuje piąte miejsce wśród zbóż na świecie (3). Na większą skalę uprawia się sorgo dwukolorowe (*Sorghum bicolor* L.) i trawę sudańską (*Sorghum sudanense* L.), a także ich liczne mieszańce (4-6). Są one wartościowymi roślinami żywieniowymi, dlatego też ponad 35% światowej produkcji ziarna sorgo (szacowanej na ponad 60 mln ton rocznie) jest podstawowym produktem żywieniowym dla ludzi w wielu krajach Afryki czy w Indiach (7-9). Ponadto

stanowi ono paszę dla zwierząt, a pozostała biomasa, w postaci łodyg i liści, może być wykorzystywana na cele energetyczne (10, 11).

Uprawa sorgo w Polsce

W Polsce sporadycznie uprawiane są różne podgatunki i formy sorgo dwukolorowego. Nie są one jednak wykorzystywane w przemyśle spożywczym, gdyż w warunkach glebowo-klimatycznych Polski większość dostępnych na rynku odmian nie osiąga pełnej dojrzałości nasion (1, 2). Jednakże intensywne prace hodowlane doprowadziły do powstania w ostatnich latach wielu nowych odmian sorgo, które są

zdolne do wydania nasion w klimacie umiarkowanym, w tym także w Polsce (12-15). Przykładem mogą być doświadczenia polowe prowadzone od kilku lat w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec, należącym do Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu, gdzie rokrocznie uzyskiwane jest z powodzeniem w pełni dojrzałe ziarno sorgo (ryc. 1, 2).

Odmiany sorgo uprawiane w Polsce na nasiona są niższe od tych przeznaczonych na biomasa. Wytwarzają one źdźbła o wysokości dochodzącej do ok. 2,5 m. Liście mają natomiast od 0,5 do 0,8 m długości i pokryte są warstwą wosku, który chroni je



Ryc. 1. Łan sorgo ziarnowego w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec, należącym do Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu



Ryc. 2. Dojrzewające nasiona sorgo uprawianego w Polsce

przed nadmierną transpiracją. Dodatkowo sorgo ma bardzo dobrze rozwinięty wiązkowy system korzeniowy, sięgający do 2 m w głąb ziemi (1, 2). Ma mniejsze wymagania glebowe niż kukurydza, przez co może być uprawiane także na lekkich, piaszczystych glebach. Co więcej, lepiej wytrzymuje okresowe susze, gdyż sorgo bardzo oszczędnie gospodaruje wodą (14-16). Jest to istotna cecha, szczególnie przy niedoborze opadów atmosferycznych często występujących na obszarze centralnej Polski. Ponadto uprawa sorgo jest o około 30% tańsza niż kukurydzy, gdyż nie wymaga ono tak intensywnej pielęgnacji. Spowodowane jest to mniejszymi nakładami na ochronę chemiczną plantacji, ponieważ sorgo nie ma jeszcze naturalnych szkodników na terenie Polski (1, 14). Z tego względu prowadzenie ekologicznej uprawy tych roślin jest o wiele łatwiejsze i tańsze w porównaniu z innymi gatunkami.

Jednakże sorgo ma bardzo wysokie wymagania termiczne, przez co jego plon w głównej mierze zależy od rozkładu temperatur w trakcie sezonu wegetacyjnego. Zbioru biomasy dokonuje się od końca września do połowy października, przed wystąpieniem pierwszych jesiennych przymrozków. Powodują one bowiem zmniejszenie zawartości cukrów w świeżej masie, co obniża jej jakość (2, 17).

Wartość żywieniowa nasion sorgo

Nasiona sorgo mają podobną budowę oraz zbliżony skład chemiczny do ziarniaków prosa, gdyż te gatunki są ze sobą dość blisko spokrewnione (18). Na cele spożywcze można wykorzystywać w pełni dojrzałe ziarna sorgo. Ich skład chemiczny zmienia się w trakcie rozwoju (8). Większość egzotycznych odmian sorgo fizjologiczną dojrzałość ziarna uzyskuje w okresie ok. 50 dni po zapyleniu (19). Głównym składnikiem nasion jest skrobia. W zależności od odmiany w 100 g ziarna jej zawartość wynosi od 65 do 80 g. Oprócz tego są one także źródłem białek (7-15 g), innych polisacharydów (do 10 g) oraz lipidów (1,5-6 g) (8, 20). Średnia wartość energetyczna zmielonych całych ziaren sorgo wynosi 356 kcal/100 g (21).

Przykładowe zestawienie zawartości substancji odżywczych w ziarnach sorgo przy wilgotności wynoszącej 8-12% przedstawiono w tabeli 1.

Zawartość związków wielkocząsteczkowych w ziarnie sorgo jest podobna do kukurydzy i zbóż (21). W przypadku sorgo nie wykazano znaczącej różnicy w zawartości skrobi pomiędzy odmianami, nawet tymi różniącymi się kolorem nasion (22). Jednakże należy mieć na uwadze, iż sorgo zawiera skrobię oporną na trawienie, zwłaszcza dla niemowląt (7). Właściwość ta wykorzystywana jest także do

Tab. 1. Zawartość substancji odżywczych w ziarnach sorgo (8)

Substancje odżywcze (g/100 g świeżej masy)	
Węglowodany:	65-80
– skrobia, w tym:	57-75
– amyloza	12-22
– amylopektyna	45-55
Białka	7-15
– α -kafiryny	4-8
– β -kafiryny	0,2-0,5
– γ -kafiryny	0,7-1,6
– inne białka	2-5
Tłuszcze	1,5-6
Popiół	1-4

walki z otyłością. Ponadto potrawy przygotowane z odmian sorgo o wysokiej zawartości tanin dłużej zalegają w żołądku, zwiększając i przedłużając uczucie sytości (3). Charakteryzują się one także niskim indeksem glikemicznym, dlatego polecane są osobom z cukrzycą (8, 23). Ziarno sorgo może również stanowić wartościowe źródło pożywienia dla osób zmagających się z innymi chorobami i dolegliwościami, co zostało omówione w dalszej części niniejszej pracy.

Część białek zawartych w ziarnie sorgo nie jest przyswajalna dla człowieka. Około 60% spośród tych związków organicznych stanowią kafiryny – grupa prolamin, która występuje tylko w tych roślinach (24, 25). Są one niewrażliwe na działanie proteaz, co wpływa na ogólnie niską wartość odżywczą białek zawartych w nasionach (9, 26). W ziarnach obecne są również

albuminy, globuliny i gluteliny, które (podobnie jak prolamin) stanowią główne źródło białek zapasowych ziarniaków (27, 28).

Ziarno sorgo w porównaniu z kukurydzą jest bogatszym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, gdyż zawiera większą ilość związków charakteryzujących się występowaniem podwójnego wiązania między atomami węgla w cząsteczce (29). Pod względem ilościowym najwięcej jest w nim kwasów: linolowego (49%), oleinowego (31%), palmitynowego (14%), linolenowego (2,7%) oraz stearynowego (2,1%) (30, 31).

Sorgo jest dobrym źródłem witamin, szczególnie tych z grupy B oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (A, D, E i K) (8). Przykładowe zestawienie zawartości witamin i biopierwiastków w ziarnach sorgo przy wilgotności wynoszącej 8-12% przedstawiono w tabeli 2.

Nasiona sorgo są zatem źródłem wielu witamin oraz makro- i mikroelementów. Jednakże charakteryzują się one dużą zmiennością pod względem składu chemicznego, w zależności od odmiany i miejsca uprawy. Dlatego też sorgo uprawiane w różnych częściach świata może znacząco różnić się od siebie pod względem składu chemicznego, a tym samym wartości odżywczej ziarna (32).

Niemniej, niezależnie od zastosowanego materiału siewnego oraz warunków uprawy, spożywanie ziarna sorgo może mieć pozytywny wpływ na nasze zdrowie. Sorgo jest dobrym źródłem związków polifenolowych, w tym kwasów fenolowych i flawonoidów. Ponadto charakteryzuje się wysoką zawartością przeciwutleniaczy (18).

Tab. 2. Zawartość witamin i biopierwiastków w ziarnach sorgo (8)

Witaminy (mg/100 g suchej masy)		Biopierwiastki (mg/100 g suchej masy)	
Witamina A	21 RE	Wapń	21,0
Witamina B ₁ (tiamina)	0,35	Chlor	57,0
Witamina B ₂ (ryboflawina)	0,14	Miedź	1,80
Witamina B ₃ (niacyna)	2,80	Jod	0,03
Witamina B ₅ (kwas pantotenowy)	1,00	Żelazo	5,70
Witamina B ₆ (pirydoksyna)	0,50	Magnez	140
Witamina B ₇ (biotyna)	0,01	Fosfor	368
		Potas	220
		Sód	19,0
		Cynk	2,50

RE – ekwiwalent retinolu

Właściwości prozdrowotne nasion sorgo

Choroby układu sercowo-naczyniowego (CVD) są jedną z najczęstszych przyczyn zgonów w krajach rozwiniętych (33). Wiele badań i danych epidemiologicznych wskazuje na to, iż konsumpcja całych zbóż, w tym sorgo, znacznie obniża śmiertelność z powodu chorób układu krążenia. Uważa się, że fitosterole, w które bogate są otręby zbożowe, powodują ten korzystny efekt i odgrywają ważną rolę w zapobieganiu CVD (34, 35). Dlatego też tak istotne jest spożywanie tzw. produktów pełnoziarnistych.

Od wielu lat prowadzone są badania nad wpływem związków zawartych w nasionach sorgo na zdrowie ludzi i zwierząt. Już w latach 80. XX wieku stwierdzono, że karmienie świńek morskich odmianami ziaren sorgo o niskiej zawartości tanin obniżało u nich stężenie cholesterolu we krwi. Osiągnięty efekt był bardziej znaczący niż w przypadku zastosowania pszenicy czy owsa jako karmy (36). Ponadto inny zespół badaczy zaobserwował wzrost wydzielania kwasów żółciowych, a także poziomu cholesterolu HDL – lipoproteiny wysokiej gęstości, bez zmiany ilości całkowitego cholesterolu, pod wpływem karmienia szczurów paszą, której 30% stanowiły sorgo, proso lub gryka (37).

Jednakże wpływ sorgo na organizm nie objawia się tylko poprzez pozytywną zmianę poziomu cholesterolu we krwi. Badania z użyciem cefala pospolitego, gatunku ryb z rodziny mugilowatych, wykazały, iż włączenie do diety pozostałości nasion sorgo po destylacji hamowało nawet w 97% utlenianie kwasu linolowego. Wyniki badań na modelu zwierzęcym umożliwiły określenie wpływu związków zawartych w sorgo na aktywność przeciwutleniającą i zdolność obniżania lepkości krwi. Badacze określili, iż taniny oraz inne polifenole występujące w pozostałościach z przerobu nasion sorgo pełnią funkcję ochronną dla erytrocytów, gdyż zapobiegają hemolizie czerwonych krwinek (38). Tego typu właściwość polifenoli wykazano także dla związków występujących w herbacie (39) i czerwonym winie (40) – powszechnie znanych z zawartości substancji mających prozdrowotny wpływ na układ krążenia.

Wykazano pozytywny wpływ ziarna sorgo na kolejną chorobę cywilizacyjną, z którą boryka się coraz większy odsetek populacji krajów rozwiniętych, czyli otyłość. Obniżenie masy ciała po włączeniu do diety sorgo wynika nie tylko ze stosunkowo niskiej strawności, ale także z uwagi na obecność znacznych ilości tanin występujących w ziarnie niektórych odmian i mieszańców sorgo. W tym zakresie przeprowadzono wiele badań na zwierzętach, które wykazały, iż

możliwe jest obniżenie masy ciała szczurów, świń, królików czy drobiu dzięki stosowaniu sorgo jako paszy (3, 41, 42). Mechanizmy, dzięki którym taniny zawarte w sorgo zmniejszają wartość odżywczą, obejmują wiązanie białek i węglowodanów do nierozpuszczalnych kompleksów, które nie mogą być rozkładane przez enzymy trawienne. Inne reakcje biochemiczne, polegające na bezpośrednim wiązaniu enzymów trawiennych, hamują ich aktywność i uniemożliwiają efektywne przeprowadzenie procesu enzymatycznej hydrolizy związków wielkocząsteczkowych w prostsze, w celu ich wchłonięcia i przyswojenia przez organizm (3, 43, 44).

Ponadto opublikowano wiele prac naukowych dokumentujących pozytywny wpływ ziarna sorgo na niektóre rodzaje nowotworów. Van Rensburg (45) wykazał, że konsumpcja sorgo jest skorelowana z niskimi zachorowaniami na raka przełyku. Badania przeprowadzono na mieszkańcach kilku części świata, pośród ludzi żyjących w różnorodnym środowisku i spożywających inne potrawy, a więc przyjmujących witaminy i biopierwiastki w różnych ilościach. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdził on, iż główną przyczyną wysokiej zachorowalności na raka przełyku były długotrwałe niedobory kilku mikroelementów oraz że wzbogacenie diety w sorgo czy proso zmniejszyło ryzyko zachorowania na tę chorobę. Zbieżnie wnioski wyciągnęli badacze z Chin (46), którzy analizując zapadalność na ten rodzaj nowotworu, wykazali, iż w tych regionach kraju, w których spożywa się sorgo, śmiertelność z powodu tej choroby była od 1,4 do 3,2 raza mniejsza niż w regionach, gdzie spożywano inne zboża, w tym kukurydzę. Podobnych zależności nie stwierdzono, analizując spożycie innych produktów, takich jak: warzywa, owoce, herbata czy alkohol (46). Wyniki tych badań sugerują obecność związków przeciwnowotworowych w ziarnie sorgo, co potwierdzają również badania *in vitro* (47).

Sorgo zawiera substancje, które mogą chronić przed wieloma formami raka. Wykazano, iż ekstrakt z *Hwanggeumchal sorghum* zapobiega wystąpieniu raka okrężnicy, bez żadnych skutków ubocznych (48). Ponadto stwierdzono przeciwmutagenne działanie ekstraktów polifenolowych zawartych w sorgo (49), a także wykazano, iż taniny z sorgo charakteryzowały się aktywnością cytotoksyczną w odniesieniu do komórek czerniaka ludzkiego, jak również dodatnią aktywnością melanogenną (50).

Podsumowanie

Ziarno sorgo może być używane jako nutraceutyk, gdyż jako produkt spożywczy łączy w sobie wartości żywieniowe i lecznicze. Przewiduje się, iż dalsze badania

dotyczące efektów spożycia sorgo mogą przyczynić się do zmiany postrzegania ziarna sorgo jako żywności o niskiej zawartości związków prozdrowotnych w kierunku wysoko cenionego pokarmu (51). Niewątpliwie,

dzięki zawartości wielu różnych substancji odżywczych, w tym witamin i biopierwiastków, spożywanie ziarna sorgo może mieć pozytywny wpływ na nasze zdrowie, dlatego warto urozmaicić nim codzienną dietę.

Piśmiennictwo

- Lewandowski WM, Ryms M. Biopaliwa. Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wyd Nauk-Techn, Warszawa 2013; 167-9.
- Kołodziej B, Matyka M (red.). Odnawialne źródła energii. Rolnicze surowce energetyczne. Wyd PWRiL, Poznań 2012; 359-67.
- Awika JM, Rooney LW. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochem* 2004; 65:1199-221.
- Kangama CO, Rumei X. Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. *Afr J Biotech* 2005; 4:575-9.
- Chanterreau J, Nicou R. Le sorgho. Maisonneuve et Larose, Paris 1991.
- Vierling RA, Xiaang Z, Joshi CP i wsp. Genetic diversity among elite Sorghum lines revealed by restriction fragment length polymorphisms and random amplified polymorphic DNAs. *Theoret Appl Gen* 1994; 87:816-20.
- Food and Agricultural Organization (FAO): Sorghum and millet in human nutrition. *FAO Food Nutr Ser*, Rome 1995; 27.
- Dicko MH, Gruppen H, Traoré AS i wsp. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *Afr J Biotech* 2006; 5:384-95.
- Anglani C. Sorghum for human food: a review. *Plant Foods Hum Nutr* 1998; 52:85-9.
- Akintayo I, Sedgo J. Towards sustainable sorghum production and utilization in West and Central Africa. *WASRN/ICRISAT*, Lomé 1999; 162.
- Michalski T (red.). Problemy agrotechniki oraz wykorzystania kukurydzy i sorgo. *Uniw Przyr Pozn*, Poznań 2008.
- Sowiński J, Szydelko-Rabska E. Możliwości uprawy sorga ziarnowego odmiany 251 w warunkach Dolnego Śląska – wyniki wstępne. *Fragm Agron* 2013; 30:138-46.
- Szumiło G, Rachoń L, Ciszewski J i wsp. Plonowanie odmian sorga i mieszańca sorga zwyczajnego z sorgiem sudańskim w zależności od gęstości siewu przy różnej rozstawie rzędów. *Ann Univ M Curie-Skłodowska, Sect E, Agricultura* 2015; 70:9-18.
- Frankowski J, Burczyk B. Biomasa jednorocznych roślin energetycznych jako element dywersyfikacji źródeł energii w Polsce. [W:] Skoczko I, Piekutin J, Drobiszevska M i wsp. (red). *Inżynieria środowiska – młodym okiem*. Tom 26. *Ekoenergetyka*. Ofic Wyd Politechn Białost, Białystok 2016; 83-109.
- Frankowski J. Sorgo ziarnowe – jednoroczna roślina do produkcji bioetanolu, biogazu, biopaliw stałych. *Mag Biomasa* 2016; 8:24-7.
- Godwin ID, Gray SJ. Overcoming productivity and quality constraints in sorghum: the role for genetic engineering in transgenic cereals. [In:] O'Brien, L Henry RJ (eds.). *Transgenic cereals*. AACCC, St Paul (USA) 2000; 153-77.
- Burczyk H. Przydatność jednorocznych roślin, uprawianych do produkcji biomasy na potrzeby energetyki zawodowej. *Probl Inż Rol* 2012; 75:59-68.
- Dykes L, Rooney LW. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 2006; 44:236-51.
- Waniska RD. Structure; phenolic compounds; antifungal proteins of sorghum caryopses. [In:] Arun C, Ranajit B, Hall AJ (eds.). *In Proceedings of Technical Institutional Options for Sorghum Grain Mold Management: Proceedings of an International Consultation*. Patancheru (India) 2000; 72-106.
- Beta T, Rooney LW, Waniska RD. Malting characteristics of sorghum cultivars. *Cereal Chem* 1995; 72:533-8.
- Board on Science and Technology for International Development – National Research Council. *Lost crops of Africa*. Acad Press, Washington 1996; 127-213.
- Dicko MH, Gruppen H, Zouzouhou OC i wsp. Effects of germination on the activities of amylases and phenolic enzymes in sorghum varieties grouped according to food end-use properties. *J Sci Food Agric* 2006; 86:953-63.
- Shin S, Choi HJ, Chung KM i wsp. Slowly digestible starch from debranched waxy sorghum starch: preparation and properties. *Cereal Chem* 2004; 81:404-8.
- Jambunathan R, Mertz ET, Axtell JD. Fractionation of soluble proteins of high-lysine and normal sorghum grain. *Cereal Chem* 1975; 52:119-21.
- Oria MP, Hamaker BR, Shull JM. Resistance of Sorghum α -, β - and γ -Kafirins to pepsin digestion. *J Agric Food Chem* 1995; 43:2148-53.
- Badi S, Pedersen B, Monowar L i wsp. The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan. *Plant Foods Human Nutr* 1990; 40:5-19.
- Hamaker BR, Mohamed AA, Habben JE i wsp. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin content than the conventional method. *Cereal Chem* 1995; 7:583-8.
- Duodu KG, Taylor JRN, Belton PS i wsp. Mini-Review – Factors affecting sorghum protein digestibility. *Cereal Chem Sci* 2003; 38:117-31.
- Glew RH, Vanderjagt DJ, Lockett C i wsp. Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. *J Food Comp Anal* 1997; 10:205-17.
- Knudsen BKE, Kirleis AW, Eggum BO i wsp. Carbohydrate composition and nutritional quality for rats of sorghum to prepared from decorticated white and whole grain red flour. *J Nutr* 1988; 118:588-97.
- Adeyeye A, Ajewole K. Chemical composition and fatty acid profiles of cereals in Nigeria. *Food Chem* 1992; 44:41-4.
- Reddy NP, Eswara JM. Physiology and molecular biology of the lignin peroxidases of *Phanerochaete chrysosporium*. *Acta Physiol Plant* 2002; 24:285-90.
- Sistino JJ. Epidemiology of cardiovascular disease in the last decade: treatment options and implications for perfusion in the 21st century. *Perfusion* 2003; 18:73-7.
- Slavin JL, Jacobs D, Marquart L. Grain processing and nutrition. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2000; 40:309-26.
- Anderson JW. Whole grain protects against atherosclerotic cardiovascular disease. *Proc Nutr Soc* 2003; 62:135-42.

36. Klopfenstein CF, Varriano-Marston E, Hosoney RC. Cholesterol-lowering effect of sorghum diet in guinea pigs. *Nutr Rep Intern* 1981; 24:621-6.
37. Cho SH, Choi Y, Ha TY. *In vitro* and *in vivo* effects of proso-millet, buckwheat and sorghum on cholesterol metabolism. *FASEB J* 2000; 14:A249.
38. Lee SM, Pan BS. Effects of dietary sorghum distillery residue on hematological characteristics of cultured grey mullet (*Mugil cephalus*) – an animal model for prescreening antioxidant and blood thinning activities. *J Food Biochem* 2003; 27:1-18.
39. Yang TTC, Koo MWL. Inhibitory effects of Chinese green tea on endothelial cell-induced LDL oxidation. *Atherosclerosis* 2000; 148:67-73.
40. Tedesco I, Russo M, Russo P i wsp. Antioxidant effect of red wine polyphenols on red blood cells. *J Nutr Biochem* 2000; 11:114-9.
41. Abdollahi MR, Ravindran V, Svihus B. Influence of feed form on growth performance, ileal nutrient digestibility, and energy utilisation in broiler starters fed a sorghum-based diet. *Livestock Sci* 2014; 165:80-6.
42. Pan L, Li P, Ma X i wsp. Tannin is a key factor in the determination and prediction of energy content in sorghum grains fed to growing pigs. *J Anim Sci* 2016; 94:2879-89.
43. Hagerman AE, Butler LG. The specificity of proanthocyanidin-protein interactions. *J Biol Chem* 1981; 256:4494-7.
44. Al-Mamary M, Al-Habori M, Al-Aghbari A i wsp. *In vivo* effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. *Nutr Res* 2001; 21:1393-401.
45. Van Rensburg SJ. Epidemiological and dietary evidence for a specific nutritional predisposition to esophageal cancer. *J Natl Cancer Inst* 1981; 67:243-51.
46. Chen F, Cole P, Mi ZB i wsp. Corn and wheat-flour consumption and mortality from esophageal cancer in Shanxi, China. *Int J Cancer* 1993; 53:902-6.
47. Massey AR, Reddivari L, Radhakrishnan S i wsp. Pro-apoptotic activity against cancer stem cells differs between different parts of sweet sorghum. *J Functional Foods* 2016; 23:601-13.
48. Darvin P, Joung YH, Nipin SP i wsp. Sorghum polyphenol suppresses the growth as well as metastasis of colon cancer xenografts through co-targeting jak2/STAT3 and PI3K/Akt/mTOR pathways. *J Functional Foods* 2015; 15:193-206.
49. Grimmer HR, Parbhoo V, McGarth RM. Antimutagenicity of polyphenol-rich fractions from Sorghum bicolor grain. *J Agric Food Chem* 1992; 59:251-6.
50. Gomez-Cordoves C, Bartolome B, Vieira W i wsp. Effects of wine phenolics and sorghum tannins on tyrosinase activity and growth of melanoma cells. *J Agric Food Chem* 2001; 49:1620-4.
51. Stefoska-Needham A, Beck EJ, Johnson SK i wsp. Sorghum: an underutilized cereal whole grain with the potential to assist in the prevention of chronic disease. *Food Rev Inter* 2015; 31:401-37.

Konflikt interesów

Conflict of interest

Brak konfliktu interesów

None

otrzymano/received: 17.05.2017

zaakceptowano/accepted: 23.06.2017

Adres/address:

*mgr inż. Jakub Frankowski

Zakład Hodowli i Agrotechniki Roślin Włóknistych

i Energetycznych

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich

ul. Wojska Polskiego 71 b, 60-630 Poznań

tel.: +48 (61) 845-58-61

e-mail: jakub.frankowski@iwnirz.pl