

9

Антинутритивне материје у псеудожитима и њихово уклањање

Радослав Грујић, Мира Обрадовић



UDK 633.175:581.19]:581.19
DOI 10.7251/PRB2504257G

Цитирање: Грујић Р, Обрадовић М (2025) Антинутритивне материје у псеудожитима и њихово уклањање. У: Пржуљ Н, Грујић Р (уредници) Нутрицеутске гајене биљке. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука. Монографија LXV:257–267

Cite as: Grujić R, Obradović M (2025) Antinutritional substances in pseudocereals and their removal. *In:* Pržulj N, Grujić R (eds) Nutraceutical cultivated plants. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka. Monograph LXV:257–267

Сажетак. Антинутритивне материје су једињења, која након везања за храњиве састојке из хране, спречавају пробаву, апсорпцију или кориштење храњивих састојака. Псеудожита садрже одређене антинутријенте (фитинска киселина, сапонини, кондензовани танини, трипсин и инхибитори химотрипсина). Фитинска киселина и њене соли фитати ометају апсорпцију јона метала у пробавном тракту. Танини инхибирају активност α -глукозидазе и α -амилазе. Сапонини смањују биорасположивост цинка и жељеза. У овом поглављу је дат преглед и структуре антинутритивних материја у амаранту, кинои и хељди, те приједлог поступака за њихово уклањање или смањење садржаја.

Кључне ријечи: псеудожита, антинутритивне материје, фитинска киселина, сапонини, танини

9.1. Увод

Појам *антинутритивне материје* односи се на једињења присутна у храни биљног поријекла, која након везивања са храњивим састојцима присутним у храни могу спријечити њихову пробаву, апсорпцију или кориштење (Thakur и сар. 2021). Поред тога, ова једињења, ако се конзумирају у великим количинама, могу бити штетна по здравље људи (Lopes и сар. 2009).

Упркос бројним позитивним својствима, псеудожита садрже одређене антинутријенте, који су одговорни за смањење биорасположивости и биодоступности есенцијалних нутријената (Gautheron и сар. 2024). Различити третмани, као што су кување, квашење, клијање или ферментација могу смањити садржај антинутријената и побољшати нутритивни квалитет псеудожити.

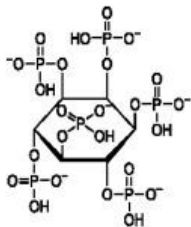
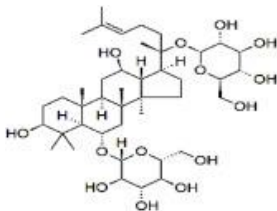
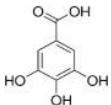
9.2. Врсте антинутритивних материја

Најзначајније антинутритивне материје у псеудожитима су фитинска киселина, сапонини, кондензовани танини, трипсин и инхибитори химотрипсина (Gautheron и сар. 2024).

Структура најзначајнијих једињења присутних у псеудожитима, која показују антинутритивно дјеловање, приказана је у Таб. 9.1.

Таб. 9.1. Антинутритивне материје присутне у различитим псеудожитима
(адаптирано према: Thakur и сар. 2021)

Table 9.1. Antinutritional substances present in various pseudocereals (Adapted from Thakur et al. 2021)

Антинутритивна материја	Структура	Псеудожито
Фитинска киселина		35–38 g/kg у сјемену хељде 10,5–13,5 g/kg у сјемену киное 2,9–7,9 g/kg у сјемену штира
Сапонини		6,3–692,5 mg/kg у сјемену киное 0,9–4,9 mg/kg у сјемену штира 0,1% у штиру
Танини		1,6% у хељди 0,4–5,2 mg/g у штиру

9.3. Садржај антинутритивних материја у псеудожитима

Штир садржи одређене антинутријенте као што су сапонини (0,9–4,91 mg/kg), фитинска киселина (2,9 g–7,9 g/kg), танини, лектини, алкалоиди и инхибитори протеазе (Jan и сар. 2023; Aderibigbe и сар. 2022). У различитим сортама штира садржај танина варира од 0,4 mg/g до 5,2 mg/g.

Од антинутритивних компоненти киноа садржи сапонине (6,27–692,49 mg/kg), фитинску киселина (10,5–13,5 g/kg), танине, оксалате, нитрате и инхибиторе трипсина, који се налазе у вањским слојевима зрна (Thakur и сар. 2021). Нап и сар. (2019) извјестили су о садржају сапонина у седам сорти киное. Према њима, садржај сапонина се креће у распону 7,51–12,12 mg еквивалената олеанолне киселине (ОАЕ) у граму суве материје.

Сјеменке хељде садрже инхибиторе трипсина. Осим инхибиције трипсина, они се могу везати за ензим химотрипсин. Сјеменке хељде садрже 35–38 g/kg

фитинске киселине и довољну количину танина у хељдиним мекињама (Zhang и сар. 2012).

Према Kumar и сар. (2010), жита и псеудожита су одличан извор минерала, као и фитинске киселине. Везујући се за двовалентне катионе неких елемената (на примјер, жељезо, цинк, магнезијум и калцијум), фитинска киселина смањује њихову биорасположивост. Фитати нису пробављиви у органима за варење људи. Умјесто тога, они се везују за протеине и формирају комплексе који ограничавају доступност нутријената (Aderibigbe и сар. 2022).

Танин показује антидијабетичка својства тако што инхибира активност α -глукозидазе и α -амилазе до 78%, односно 50% (García-Estera и сар. 1999).

Сапонини су гликозилирани секундарни метаболити (природни детерџенти). Они имају горак укус и могу негативно утицати на људе и животиње, па их је потребно уклонити или смањити њихов садржај прије припреме или обраде хране у прехранбеној индустрији (Thakur и сар. 2021). Сапонини се могу уклонити прањем зрна помоћу воде. Штир садржи мању количину сапонина (0,09%) и узрокује мању токсичност у односу на друге врсте псеудожита. Ова једињења формирају комплексе са цинком и жељезом, чиме се смањује њихова биорасположивост. Познато је да сапонини формирају комплексе са минералима као што су жељезо и цинк (Jan и сар. 2023).

Инхибитори протеаза или пептидаза су есенцијални биоактивни молекули у живим организмима. Ови инхибитори регулишу важне биолошке процесе (на примјер, ембриогенеза, старење), спречавају паразитизам и инфекције, што их чини биолошки и биотехнолошки значајним (Paul и сар. 2024). У биљкама, инхибитори протеаза или пептидаза играју важну улогу у процесима клијања сјемена, раста, цвјетања, сазријевања, старења и у одбрани од предатора, штеточина и стресова из околине (Cid-Gallegos и сар. 2022; Parisi и сар. 2024; De la Torre и сар. 2025). Њихова контроверзна антинутритивна својства и утицај на здравље заслужују пажњу за даље истраживање (Geisslitz и сар. 2022).

Torre и сар. (2025) истраживали су инхибиторе трипсина у сјеменкама киноа, штира и лупина. Током истраживања утврђено је присуство протеинских инхибитора трипсина молекулске масе 4–8 kDa. У односу на друга псеудожита, сјеменке штира су показале највећу активност као инхибитор трипсина.

Фенолна једињења, поред свог корисног дјеловања на здравље, такође могу имати антинутритивни утицај на метаболизам протеина, јер се она могу везати за ензиме пробавног тракта, као и за супстрате протеина (Thakur и сар.

2021). Полифеноли током исхране могу ступити у везу са протеинима глутена и спријечити његов штетни ефекат код пацијената са целијакијом (Ribeiro и сар. 2020).

Gautheron и сар. (2024) испитивали су садржај фитинске киселине, сапонина, инхибитора трипсина, инхибитора химотрипсина и кондензованих танина у сировом и ферментисаном брашну киное (Таб. 9.2). Садржај фитинске киселине у брашну киное (QF) био је 0,181 g/100 g. Брашно киное ферментисано помоћу *Aspergillus oryzae* (QFA) садржавало је више фитинске киселине (повећање 13,8%), док је брашно киное ферментисано са *Rhizopus oligosporus* садржавао мање фитинске киселине од сировог брашна (смањење од 8,8%). Садржај сапонина у QF износио је 0,29 GAE mg/g, што је више него у QFA, гдје су сапонини уклоњени током ферментације са *A. Oryzae*. *R. oligosporus*. QF је садржавао највећу количину инхибитора трипсина и инхибитора химотрипсина. Инхибитори трипсина у QFA и QFR снижени су за 33,5%, односно 31,7%. Међутим, QFR је имао нижи садржај инхибитора химотрипсина од QFA. QF је садржавао кондензоване танине (2,29 катехин-еквивалената mg/g). Путем ферментације са *A. Oryzae* уклоњени су кондензовани танини, а у QFR је утврђено смањење од 89,1%.

Таб. 9.2. Садржај антинутритивних једињења у брашну киное (QF) и брашну киное ферментисаном са *Aspergillus oryzae* (QFA) и *Rhizopus oligosporus* (QFR), на бази суве материје (адаптирано према: Gautheron и сар. 2024)

Table 9.2. Content of antinutritional compounds in quinoa flour (QF) and quinoa flour fermented with *Aspergillus oryzae* (QFA) and *Rhizopus oligosporus* (QFR) expressed on dry matter (Adapted from Gautheron et al. 2024)

Антинутритивно једињење	QF	QFA	QFR
Фитинска киселина (g/100 g)	0,181	0,206	0,165
Сапонини (GAE mg/g)	0,29	0,00	2,84
Трипсин инхибитор (CIU/mg)	4,60	3,06	3,14
Химотрипсин инхибитор	40,00	28,40	22,50
Кондензовани танини (катехин еквивалент mg/g)	2,29	0,00	0,25

Инхибитори трипсина (I, II i III), који инхибирају трипсин и химотрипсин, ендогени су антинутритивни фактори који се налазе у хељди. Они ограничавају биорасположивост и апсорпцију протеина (Sofi и сар. 2023). Висок садржај

танина у хељди, иако је на неки начин користан, може се сматрати и антинутритивним фактором.

9.4. Поступци уклањања антинутритивних материја из псеудожита

Сапонини и фитати су уобичајени антинутритивни фактори присутни у псеудожитима. Перикарп киноа садржи сапонине, који дају горак укус крајњим производима и ометају апсорпцију цинка и жељеза (Hussain и сар. 2021). Садржај сапонина у кинои варира од 0,01% до 4,65% (просјечно 0,65%). Сапонини се могу уклонити прањем, јер су растворљиви у води (Parpiér и сар. 2008). Поред тога, за елиминисање сапонина могу се користити поступци за уклањање вањског слоја сјеменки: абразија, ферментација и клијање (Gómez-Caravaca и сар. 2014; Omay и сар. 2012).

Фитати присутни у зрну штира инхибирају апсорпцију бакра, цинка, жељеза, калцијума, магнезијума, фосфора и калијума. Поступци квашења, ферментације и клијања активирају фитазе, које хидролизирају фитате присутне у сјеменкама штира (Graziano и сар. 2022).

Пошто љуска штира није пробављива, њу је прије мљевења потребно уклонити поступком љуштења. Ослобођене љуске се лијепе са сјеменкама, због чега се морају уклонити. За одвајање љуски са сјеменки примјењују се топлотни и нетоплотни поступци. Најчешћи нетоплотни третман подразумијева потапање сјеменки у воду, након чега се оне суше све док се љуске не поломе. Током топлотне обраде, сјеме се загријава паром на 150–160 °C (Pandey и сар. 2020).

Технике за смањење антинутритивних фактора из махунарки, жита и других врста хране могу се користити током прераде псеудожита. То укључује топлотну обраду, љуштење, квашење, клијање, експандирање, ферментацију, зрачење, ултрафилтрацију и ензимске третмане (Poshadri и сар. 2024). Љуштење може ефикасно смањити садржај супстанци носилаца антинутритивног дјеловања (Kaig и сар. 2023).

Помоћу процеса експандирања може се ефикасно смањити садржај сапонина у сјеменкама киноа, након чега оне показују бољу антиоксидативну активност и имају боља функционална својства. То може бити основа за кориштење брашна киноа на различите начине (Jiang и сар. 2021).

9.5. Закључак

Фитинска киселина, сапонини, танини и друге антинутритивне материје присутне су у сјеменкама штира, киное и хељде. Садржај фитинске киселине у штиру и кинои креће се од 2,9 g/kg до 7,9 g/kg и од 10,5 g/kg до 13,5 g/kg. Сјеменке киное садрже 6,27–692,49 mg/kg сапонина, а сјеменке штира 0,9–4,91 mg/kg. Антинутритивне материје су одговорне за смањење биорасположивости и биодоступности есенцијалних нутријената из хране. За њихово уклањање из сјеменки псеудожита користе се различити третмани (кување, квашење, клијање, експандирање или ферментација).

Литература

- Aderibigbe OR, Ezekiel OO, Owolade SO, Korese JK, Sturm B, Hensel O (2022) Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 62(3):656–669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>
- Gomez-Caravaca AM, lafelice G, Verardo V, Marconi E, Caboni MF (2014) Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa willd*). *Food Chem* 157:174–178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.023>
- García-Estapa RM, Guerra-Hernandez E, García-Villanova B (1999) Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Res Int* 32(3):217–221. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(99\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(99)00092-7)
- Gautheron O, Nyhan L, Ressa, A, Torreiro MG, Tlais AZA, Cappello C, Gobetti M, Hammer AK, Zannini E, Arendt EK, et al. (2024) Solid-State Fermentation of Quinoa Flour: An In-Depth Analysis of Ingredient Characteristics. *Fermentation* 10:360. <https://doi.org/10.3390/fermentation10070360>
- Geisslitz S, Weegels P, Shewry P, Zevallos V, Masci S, Sorrells M, Gregorini A, Colomba M, Jonkers D, Huang X, et al. (2022) Wheat amylase/trypsin inhibitors (ATIs): Occurrence, function and health aspects. *Eur J Nutr* 61:2873–2880. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02841-y>
- Graziano S, Agrimonti C, Marmiroli N, Gulli M (2022) Utilisation and limitations of pseudocereals (quinoa, amaranth, and buckwheat) in food production: A review. *Trends Food Sci Technol*, 125:154–165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.007>
- Zhang Z-L, Zhou M-L, Tang Y, Li F-L, Tang Y-X, Shao J-R, Xue W-T, Wu, Y-M (2012) Bioactive compounds in functional buckwheat food. *Food Res Int* 49(1):389–395. doi. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.035>

- Jan N, Hussain SZ, Naseer B, Bhat TA (2023) Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chem X* 18:100687. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>
- Jiang F, Ren Y, Du C, Nie G, Liang J, Yu X, Du S (2021) Effect of pearling on the physicochemical properties and antioxidant capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour. *J Cereal Sci* 102:103330. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103330>
- Kaur H, Shams R, Dash KK, Dar AH (2023) A comprehensive review of Pseudocereals: Nutritional profile, phytochemicals constituents, and potential health promoting benefits. *Appl Food Res* 3(2):100351. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100351>.
- Kumar V, Sinha A.K, Makkar HP, Becker K (2010) Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chem* 120(4):945–959. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.052>
- Lopes C, Dessimoni G, Costa da Silva M, Vieira G, Pinto N (2009) Aproveitamento, composiç~ao nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Alim Nutr* 20(4):669–675.
- Omary MB, Fong C, Rothschild J, Finney P (2012) Effects of germination on the nutritional profile of gluten-free cereals and pseudocereals: A review. *Cereal Chem* 89(1):1–14. <http://dx.doi.org/10.1094/cchem-01-11-0008>
- Pandey AK, Chaurasia AK, Babu AH, Tiwari D (2020) Diversity of seed borne fungi associated with treated buckwheat (*Fagopyrum esculenum Moench*) seeds under storage conditions. *J Pharmacog Phytochem* 9(5):104–106. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i5b.12191>
- Pappier U, Pinto VF, Larumbe G, Vaamonde G (2008) Effect of processing for saponin removal on fungal contamination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa willd.*). *Int J Food Microbiol* 125(2):153–157. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.039>
- Parisi MG, Ozon B, Vera Gonzalez SM, Garcia-Pardo J, Obregon WD (2024) Plant Protease Inhibitors as Emerging Antimicrobial Peptide Agents: A Comprehensive Review. *Pharmaceutics* 16:582. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16050582>
- Paul DC, Bhattacharjee M (2024) Revisiting the significance of natural protease inhibitors: A comprehensive review. *Int J Biol Macromol* 280 Pt 3:135899. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135899>
- Poshadri A, Deshpande HW, Kshirsagar RB (2024) Pseudocereals: Development of functional foods, their properties, challenges, and opportunities in food processing industry. *Int Food Res J* 31(2): 266–275. <http://dx.doi.org/10.47836/ifrj.31.2.01>
- Ribeiro M, Sousa TD, Poeta P, Bagulho AS, Igrejas G (2020) Review of structural features and binding capacity of polyphenols to gluten proteins and peptides in

- vitro: Relevance to celiac disease. *Antioxidants* 9(6):463.
<https://doi.org/10.3390/antiox9060463>
- Sofi SA, Ahmed N, Farooq A, Rafiq S, Zargar SM, Kamran F, ... Mousavi Khaneghah A (2023) Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Sci Nutr* 11(5):2256-2276. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3166>
- Thakur P, Kumar K, Dhaliwal SH (2021) Nutritional facts, bio-active components and processing aspects of pseudocereals: A comprehensive review. *Food Biosci* 42:101170. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101170>
- Han Y, Chi J, Zhang M, Zhang R, Fan S, Huang F, Xue K, Liu L (2019) Characterization of saponins and phenolic compounds: Antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa* willd). *Biosci Biotechnol Biochem* 83(11):2128–2139.
<https://doi.org/10.1080/09168451.2019.1638756>
- Hernandez de la Torre M, Covalada-Cortes G, Montesinos L, Covalada D, Ortiz JC, Pinol J, Bautista JM, Castillo JP, Reverter D, Aviles FX (2025) Analysis of Protein Inhibitors of Trypsin in Quinoa, Amaranth and Lupine Seeds. Selection and Deep Structure–Function Characterization of the *Amaranthus caudatus* Species. *Int J Mol Sci* 26: 1150. <https://doi.org/10.3390/ijms26031150>
- Hussain MI, Farooq M, Syed QA, Ishaq A, Al-Ghamdi AA, Hatamleh AA (2021) Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. *Plants* 10(11):2258. <https://doi.org/10.3390/plants10112258>
- Cid-Gallegos MS, Corzo-Rios LJ, Jimenez-Martinez C, Sanchez-Chino XM (2022) Protease Inhibitors from Plants as Therapeutic Agents—A Review. *Plant Foods Hum Nutr* 77(1):20–29. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-00949-4>

Antinutritional substances in pseudocereals and their removal

Radoslav Grujić, Mira Obradović

Summary

Antinutrients are compounds that, after binding to nutrients in food, prevent the digestion, absorption, or utilization of nutrients. Pseudograins contain certain antinutrients (phytic acid, saponins, condensed tannins, trypsin, and chymotrypsin inhibitors). Phytic acid and its salts, phytates, interfere with the absorption of metal ions in the digestive tract. Tannins inhibit the activity of α -glucosidase and α -amylase. Saponins reduce the bioavailability of zinc and iron. This chapter provides an overview and structures of antinutrients in amaranth, quinoa, and buckwheat, and a proposal for methods for their removal or reduction.

Keywords: Pseudocereals, Antinutritional Substances, Phytic Acid, Saponins, Tannins