

5

**Киноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) – биљна врста
уникатних нутритивних особина**

Ново Пржуљ



UDK 633.192-155.9:633.192-167
DOI 10.7251/PRB2504133P

Цитирање: Пржуљ Н (2025) Киноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) – биљна врста уникатних нутритивних особина. У: Пржуљ Н, Грујић Р (уредници) Нутрицеутске гајене биљке. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LXV:133–166

Cite as: Pržulj N (2025) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – A Plant Species with Unique Nutritional Properties. *In:* Pržulj N, Grujić R (eds) Nutriceutical cultivated plants. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LXV:133–166

Сажетак. Киноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) спада у породицу штиреве или лободњача (*Amaranthaceae*), ботанички је повезана са шпинатом, цвеклом, лободом и штиром, систематски и морфолошки разликује се од жита, а на основу начина коришћења сврстава се у псеудожита. Била је једна од основних намирница у исхрани цивилизација у региону Анда (Латинска Америка) до доласка шпанских освајача, гдје је гајена преко 7.000 година, углавном на данашњим локацијама Перуа, Боливије, Еквадора, Чилеа, Аргентине и Колумбије. Користила се не само као храна већ и у медицинске сврхе. Заједно са кромпиром и кукурузом, спада у три основне намирнице прастаре цивилизације Инка. Постоји висока генетичка дивергентност у морфолошким и физиолошким особинама, приносу, хемијском саставу и функционалним особинама између популација киноа које воде поријекло из различитих географских подручја. Тренутно је детерминисано више од 6.000 популација које гаје пољопривредници, а у банкама гена налази се 16.422 популација киноа и њених дивљих сродника. Ова биљна врста има висок капацитет адаптације на различите, чак и екстремне, услове средине. У 2022. години највећу производњу зрна киноа имали су Перу (113.376 тона), Боливија (44.707 тона) и Еквадор (884 тона).

Хемијски састав зрна киноа је уникатан. Оно не садржи глутен, богато је ријетким аминокиселинама у биљном свијету – лизином, метионином и цистеином, и садржи протеин албумин, који је идентичан албумину из бјеланцета. Уравнотежена структура есенцијалних аминокиселина једна је од главних карактеристика киноа. На основу аминокиселинског састава протеини киноа су супериорнији у односу на друга традиционална жита. У зрну има више него двоструко већи садржај лизина од пшенице, кукуруза и пиринча, што је највећа вриједност утврђена у житима и псеудожитима. Зрна киноа садрже веома висок удио полинезасићених масних киселина, посебно омега 3, 6 и 9, неопходних за људски раст и развој, веома високе нивое витамина Е или токоферола као моћних антиоксиданата (α , β , γ и δ) и токотриенола (α , β , γ и δ) са познатом биолошком активношћу. Због свог липидног састава у неким регионима киноа је сматрана алтернативом уљарицама. Киноа је такође веома богата многим минералима, као што су калијум, калцијум, магнезијум и фосфор и садржи исту количину влакана као и интегрална жита.

Киноа садржи разне секундарне метаболите са широким спектром биолошке активности. Најмање 193 секундарна метаболита киноа идентификована су у посљедњих 40 година. Они углавном укључују фенолне киселине, флавоноиде, терпеноиде, стероиде и једињења која садрже азот. Ови метаболити показују многе физиолошке функције, као што су инсекти-

цидна, молускоцидна и антимикуробна дејства, као и разне врсте биолошких активности, као што су антиоксидативна, цитотоксична, антидијабетичка и антиинфламаторна својства. Потребна су и даља истраживања како би се побољшала примјена киноа у индустрији функционалне хране, као и у областима хране за животиње, медицине и козметике. Овај рад разматра поријекло и значај киноа, њену нутритивну вриједност, физиолошке функције и значај у људској исхрани као нутрацеутске биљке.

Кључне ријечи: поријекло, адаптабилност, нутритивни квалитет, хемијски састав, биоактивне материје, нутрацеутске особине

5.1. Увод

Од 1998. године Свјетска здравствена организација (*The World Health Organization*, WHO) сматра гојазност епидемијом која погађа свијет, појаву повезану са више смртних случајева него неухрањеност на цијелој планети. Гојазност је повезана са разним незаразним болестима (*noncommunicable diseases*, NCD) као што су, између осталог, кардиоваскуларне болести, рак и дијабетес. Глобално, двије од три смрти сваке године приписују се разним незаразним болестима (Budreviciute и сар. 2020). Из тог разлога важно је анализирати прехранбене традиције. Неке биљке с временом су изгубљене и потиснуте из свакодневне исхране, а могле би помоћи у ублажавању незаразних болести. Већина традиционалних прехранбених пракси, вјеровања, ставова и значења одређених прехранбених намирница је занемарена, а традиционалне гајене биљке искључиване су из производње, што је довело до губитка прехранбене традиције у различитим регионима (Garza-Juárez и сар. 2023). У групу скоро изгубљених, високовриједних гајених биљака спада и јужноамеричка киноа (Сл. 5.1) (*Chenopodium quinoa* Willd.), која је постала изузетно популаран прехранбени производ у посљедњим деценијама XX вијека.

Иако је киноа дикотиледона биљка, често се сврстава у монокотиледоне биљке из породице трава/жита (*Poaceae*), попут пиринча, кукуруза и пшенице, због чега се назива псеудожитом. Киноа се кува и једе као многа друга жита и у ствари начин конзумирања киноа сврстава ову гајену биљку у псеудожита. Киноа спада у породицу штиреве или лободњача (*Amaranthaceae*, раније *Chenopodiaceae*) (APG 1998; Kadereit и сар. 2003), ботанички је повезана са шпинатом, блитвом, цвеклом, лободом и штиром, а систематски и морфолошки разликује се од жита. Разлика киноа у односу на жита посебно је уочљива због јединствене анатомије плода и сјемева. Плод киноа је једносјемени орашчић, затворен спољашњим перикарпом. Сјеме киноа садржи

централни перисперм, гдје су локализоване резерве угљених хидрата и ембрион богат уљем и протеинима (Prego и сар. 1998). Сјеме је око 2,5 mm дужине и 1,0 mm у пречнику, бијеле, жуте, црвене, смеђе и црне боје. Сјемењача поседују одличне нутритивне особине. Перикарп плода богат је горким сапонинима који се морају уклонити (десапонификација – уклањање сапонина) механичким абразивом или прањем прије конзумирања зрна (Prego и сар. 1998; Vega-Galvez и сар. 2010).



Сл. 5.1. Биљка, натурално зрно и зрно киное спремно за конзумирање (Аутор: непознат)

Fig. 5.1. Plant, natural grain and grain of quinoa for consumption (Author: unknown)

Генерална скупштина Уједињених нација прогласила је 2013. годину међународном годином киное (*International Year of Quinoa, IQY*), у знак признања пракси предака народа Анда, који су успјели сачувати киноу у њеном природном стању као храну за садашње и будуће генерације, кроз живот предака у хармонији са природом.

Овај рад разматра поријекло и значај киное, њене нутритивне вриједности, физиолошке функције и значај у људској исхрани као нутрацеутске биљке.

5.2. Поријекло и ботаничке особине

Киноа је једногодишња биљка са усправним стаблом, наизмјенично постављеним листовима и цвјетовима скупљеним у цваст у облику метлице, дужине 15–70 cm. Основни број хромозома киное је $x = 9$, а број соматских хромозома је $2n = 4x = 36$, што сугерише да је у питању алотетраплоидна биљка (Ward 2000). Има висок степен самооплодње и ниску инбридинг

депресију (Gomez-Pando 2015). Коров пепељуга (*Chenopodium album*), који је распрострањен у нашем подручју, јесте хексаплоид, те се не може укрштати са киноом, што би представљало велики проблем у оплемењивању и гајењу киноа. Међутим у САД заступљен је други коров *Chenopodium berlandieri*, који је тетраплоид и може се укрштати са киноом (Jacobsen и Stølen 1993).

Киноа је била једна од основних намирница у исхрани цивилизација у региону Анда у Латинској Америци, до доласка шпанских освајача, гдје је гајена преко 7.000 година, углавном на данашњем подручју Перуа, Боливије, Еквадора, Чилеа, Аргентине и Колумбије, од 2° СГШ (Колумбија) до 47° ЈГШ (Чиле) (Delatorre-Herrera 2003; Bazile 2013; Bazile и сар. 2016). Њено порекло је заиста древно јер, заједно са кромпиром и кукурузом, спада у три основне намирнице прастаре цивилизације Инка. На језику локалног становништва Анда ријеч киноа значи „мајчино жито“. Становништво Анда је киноу користило не само као храну, него и у медицинске сврхе. Колонисти су потиснули њено гајење, а преостале популације које су сачуване гајене су практично скривено на малим површинама (Vega-Galvez и сар. 2010). Локално становништво је сачувало киноу у њеном природном стању, укључујући њене бројне еко-типове, као храну за садашње и будуће генерације.

Киноа представља биолошко и генетичко наслеђе у многим земљама Латинске Америке. Прилагодила се различитим агроеколошким зонама, од изузетно сувих висоравни Алтиплано на 4.000 m надморске висине, са просјечном количином падавина од 150 mm годишње, до приобалних зона централног и јужног Чилеа, гдје су земљишта глиновита, а падавине изнад 1.000 mm годишње (Martinez и сар. 2009). Проширила се по централним и сјеверноцентралним андским долинама и јужно у приобални регион Арауканије и сусједну Патагонију. Киноа се узгаја углавном у Боливији, Перуу и Еквадору. С обзиром на њене високе нутритивне вриједности, киноа се посљедњих година тестира за гајење у различитим дијеловима свијета. Генетички диверзитет киноа и гајење у различитим агроеколошким условима обезбјеђује пет дивергентних еко-типова који су адаптирани на различите еколошке услове: Алтиплано (Перу и Боливија), Међуандске долине (Боливија, Колумбија, Еквадор и Перу), Слана подручја (Боливија, Чиле и Аргентина), Јунга (Перу, Боливија и Аргентина) и Обала (Чиле) (Jellen и сар. 2013; Mestanza и сар. 2015).

Miranda и сар. (2013) су утврдили високу генетичку дивергентност у морфолошким и физиолошким особинама, приносу, хемијском саставу и функционалним особинама између популација киноа које воде поријекло из разли-

читих географских подручја. Ова биљна врста има висок капацитет адаптације на различите услове средине (Lutz и сар. 2013), подносећи екстремне услове животне средине као што су суша и салинитет (Bhargava и сар. 2006).

Тренутно постоји више од 6.000 популација које гаје пољопривредници, а у банкама гена налази се 16.422 популације киноа и њених дивљих сродника (*C. quinoa*, *C. album*, *C. berlandieri*, *C. hircinum*, *C. petiolare*, *C. murale* и *Chenopodium* sp.) (Rojas и сар. 2013). Банке гена у региону Анда чувају више од 88% узорака ове гајене биљке. Велика генетичка варијабилност омогућила је ширење и гајење киноа у многим земљама, укључујући Јапан, Аустралију, Шпанију, Њемачку, Енглеску, Шведску, Данску, Холандију, Италију, Француску, Финску, Кенију, Етиопију, Индију, САД, Канаду, између осталих. У 2022. највећу производњу зрна киноа имали су Перу (113.376 тона), Боливија (44.707 тона) и Еквадор (884 тона).

Резултати многих истраживања указују да је киноа значајна алтернативна гајена биљка у подручјима мање плодних и сиромашних земљишта (Bazile 2013) и да су посебно обећавајући подаци тестирања добијени у разним земљама Азије, Блиског истока и Сјеверне Африке (Bazile и сар. 2016). Висока адаптабилност и пластичност генотипа киноа обезбјеђује јој толеранцију на мраз, салинитет и сушу, способност раста и развића на маргиналним и сушним земљиштима и великим надморским висинама (Jacobsen 2003; Christensen и сар. 2007; Ruiz-Carrasco и сар. 2011; Vidueiros и сар. 2015). Јака толеранција на сушу и салинитет омогућава јој да се одупре садашњим и будућим изазовима глобалних климатских промјена, укључујући несташицу воде (Jacobsen 2003).

Пронађени су генотипови киноа који имају способност одржавања високе фотосинтетске ефикасности у условима дефицита воде (Winkel и сар. 2002; Bosque-Sanchez и сар. 2003) и брзог поновног успостављања фотосинтезе након периода дехидратације (Galwey 1992; Jensen и сар. 2000; Jacobsen и сар. 2003; Jacobsen и сар. 2009). Киноа се одликује изванредном физиологијом адаптације на стрес, гдје се посебно наглашава њена висока ефикасност коришћења воде (Martinez и сар. 2009). Тако, на примјер, за синтезу једног килограма суве материје зрна, киноа је потребно 500 литара воде, што је знатно мање у поређењу са пиринчем или кукурузом, који за један килограм суве материје зрна потроше 2.497 литара и 1.222 литра, респективно (Martinez 2013). Ако се за основу узме потрошња воде по количини произведених протеина у зрну, добије се још већа фотосинтетска ефикасност киноа. Производња киноа може се обављати у подручјима са количинама кише 100–200 mm током вегетације (FAO 2013). Толеранција ове биљке на сушу приписује се смањењу површине листа (Jacobsen и сар. 2003;

Jacobsen и сар. 2009; Geerts и сар. 2006), присуству везикула калцијум-оксалата у листовима, што би могло смањити брзину транспирације (Jensen и сар. 2000; Siener и сар. 2006) и њиховом разгранатом и густом корјеновом систему, који је у стању да продре у пјесковито земљиште до дубине од 1,5 m (Jensen и сар. 2000; Geerts и сар. 2006). Током периода стреса изазваног сушом повећава се количина антиоксидативних молекула повезаних са метаболизмом азота, прије свега глутамина, фенилаланина, валина, триптофана и метионина (Varisi и сар. 2008; Basciñán-Godoy и сар. 2016). Ове промјене у квалитету могле би да надокнаде пад приноса сјемена под стресним условима.

5.3. Нутритивне особине киноа

Састав киноа је свакако уникатан. Богата је ријетким аминокиселинама у биљном свијету – лизином, метионином и цистеином и садржи протеин албумин, који је идентичан албумину из бјеланцета. Уравнотежена структура есенцијалних аминокиселина једна је од главних карактеристика киноа. Зрна киноа садрже веома висок удио полинезасићених масних киселина, посебно омега 3, 6 и 9, неопходних за људски раст и развој, веома високе нивое витамина Е или токоферола као моћних антиоксиданата (α , β , γ и δ) и токотриенола (α , β , γ и δ) са познатом биолошком активношћу. Киноа је такође веома богата многим минералима и садржи исту количину влакана као и интегрална жита.

5.3.2. Протеини

Хемијски састав зрна киноа у поређењу са неких житима и махунаркама приказан је у Таб. 5.1. Зрно киноа важан је извор протеина (Fotschki и сар. 2020), који се састоје од албумина (35%) и глобулина (37%) и нижег процента проламина (Miranda и сар. 2012). Квалитет протеина присутних у кинои је упоредив са млијечним протеинима (казеином). Протеини киноа чине све есенцијалне аминокиселине (као што су триптофан, хистидин, изолеуцин, леуцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, тирозин и валин) (Vega-Galvez и сар. 2010, Miranda и сар. 2012), због чега се сматра комплетном храном (Maradini-Filho 2017). Унос протеина је проблем за популације које ријетко или уопште не конзумирају животињске протеине, па би њихова исхрана требало да садржи висококвалитетне протеине биљног поријекла. Производи на бази киноа су погодни за такве особе, јер за разлику од других конвенционалних жита, киноа нема значајне губитке у садржају протеина током индустријске обраде.

Таб. 5.1. Хемијски састав киноа, неких жита и махунарки (g/100 g суве тежине) (Valencia-Chamorro 2003)

Table 5.1. Chemical composition of quinoa and some cereals and legumes (g/100 g dry wt) (Valencia-Chamorro 2003)

	Киноа	Јечам	Кукуруз	Пиринач	Пшеница	Овас ^b	Раж ^b	Пасуљ	Лупина	Соја
Протеини	16,5	10,8	10,2	7,6	14,3	11,6	13,4	28,0	39,1	36,1
Маси	6,3	1,9	4,7	2,2	2,3	5,2	1,8	1,1	7,0	18,9
Влакна	3,8	4,4	2,3	6,4	2,8	10,4	2,6	5,0	14,6	5,6
Пепео	3,8	2,2	11,7	3,4	2,2	2,9	2,1	4,7	4,0	5,3
Угљ. хидр.	69,0	80,7	81,1	80,4	78,4	69,8	80,1	61,2	35,3	34,1
kcal/100 g ^a	399	383	408	372	392	372	390	367	361	451

^a kcal/100 g: 4× (% протеин + угљ. хидрати) + 9× (% fat); ^b Kent (1963), Koziol (1992)

Таб. 5.2. Есенцијалне аминокиселине у кинои и другим намирницама (g/100 g протеина) (Koziol 1992)

Table 5.2. Essential amino acids in quinoa and other foods (g/100 g protein) (Koziol 1992)

Аминокиселине	Киноа	Кукуруз	Пиринач	Пшеница	Пасуљ	Млијеко	FAO ^a
Хистидин	3,2	2,6	2,1	2,0	3,1	2,7	2,6
Изолеуцин	4,9	4,0	4,1	4,2	4,5	10,0	4,6
Леуцин	6,6	12,5	8,2	6,8	8,1	6,5	9,3
Лизин	6,0	2,9	3,8	2,6	7,0	7,9	6,6
Метионин ^b	5,3	4,0	3,6	3,7	1,2	2,5	4,2
Фенилаланин ^c	6,9	8,6	10,5	8,2	5,4	1,4	7,2
Треонин	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,7	4,3
Триптофан	0,9	0,7	1,1	1,2	1,1	1,4	1,7
Валин	4,5	5,0	6,1	4,4	5,0	7,0	5,5

^a Према Koziol (1992); ^b Метионин + цистин; ^c Фенилаланин + тирозин; FAO – Food Agriculture Organization

На основу аминокиселинског састава, протеини киноа су супериорнији у односу на друга традиционална жита (Таб. 5.2). Састоје се од двије велике фракције: 11S-глобулина (хеноподијум) и 2S-протеина, гдје хеноподијум представља око 37% укупних протеина (Koziol 1992, Repo-Carrasco-Valencia и сар. 2010). Ова фракција садржи полипептиде са молекулском масом 22–23 kDa и 32–39 kDa и има релативно низак садржај аминокиселина (метионина и цистеина) (Repo-Carrasco-Valencia и сар. 2010). Фракција 2S-протеина има молекуларну масу од 9 kDa и има висок садржај цистеина, аргинина и хистидина, али је релативно сиромашна метионином (Koziol 1992).

Киноа има више него двоструко већи садржај лизина од пшенице, кукуруза и пиринча, што је највећа вриједност утврђена у житима и псеудожитима. Садржај лизина у зрнима киноа једнак је 96% количине довољне да достигне FAO стандарде потребног уноса лизина. Леуцин је друга ограничавајућа аминокиселина, чији садржај у кинои износи 91% од оптималне количине коју је препоручио FAO. Садржај глутаминске киселине у термички обрађеном зрну киноа износи 2,0 g/100 g протеина (Motta и сар. 2019).

5.3.2. Липиди

Због свог липидног састава, у неким регионима киноа је сматрана алтернативом уљарицама. Садржај масти у зрну, која је углавном локализована у ембриону, прилично је висок (5–10%) у поређењу са другим житима (Prego и сар. 1998). Поларни липиди представљају око 25% укупних липида, који се углавном састоје од фосфолипида (лизофосфатидил-етаноламин и холин). Уље киноа посједује високу антиоксидативну активност, висок садржај полинезасићених масних киселина (63% од укупне количине) и значајну количину токоферола (2,5 mg/g уља) (Ruales и Nair 1992). Од неутралних липида (глицериди и стероли), триглицериди чине 74%, диглицериди 20%, моноглицериди и воскови 3%. Неколико масних киселина, као што су линолна (18 : 2 n-6), линолеинска (20 : 3 n-6) (55–60%) и олеинска (18 : 1 цис-9) чине главни састав масних киселина. Зрно киноа такође је главни извор различитих есенцијалних масних киселина, укључујући омега-3 и омега-6 масне киселине. Линолеинска киселина се метаболише у арахидонску киселину (*arachidonic acid*, AA), а линолна у еикозапентаенску (*eicosapentaenoic acid*, EPA) и докозахексаенску киселину (*docosahexaenoic acid*, DHA), које играју важну улогу у метаболизму простагландина, тромбози и атеросклерози (Ayala и сар. 2001).

У зрну киноа налазе се и значајне количине уља које садржи мононезасићене масне киселине (нпр. олеинска). Уље је посебно стабилно због присуства високог садржаја природних антиоксиданата, као што су α -токофероли (69–75 mg/100 g уља) и γ -токофероли (76–93 mg/100 g уља). Након рафинисања садржај ових једињења смањује се на 45 и 23 mg, респективно (Jacobsen и сар. 2003). У пракси висок ниво незасићених масних киселина може значајно повећати подложност липидне фракције оксидативној ужеглости, али код киноа присуство природних антиоксиданата, посебно токоферола, ограничава почетак оксидације, дјелујући као природна одбрана од ње (Ballester-Sánchez и сар. 2019). Киноа садржи различите фитостероле, посебно сквален, који је показао антиоксидативну активност и помаже у одржавању кардиоваскуларног здравља и лијечењу тумора код људи. Зрно киноа садржи фитостероле,

укључујући б-ситостерол, који посједују функцију смањења липопротеина ниске густине (Ayala и сар. 2001). У међувремену, откривено је и неколико других биолошких својстава фитостерола, укључујући антиинфламаторну, антиоксидативну и антитуморску активност и смањење холестерола (Repo-Carrasco и сар. 2003).

5.3.3. Угљени хидрати

На основу степена поларизације, угљени хидрати се могу груписати у једноставне шећере (моносахариди, дисахариди), олигосахариде и полисахариде (скроб). Угљени хидрати играју виталну улогу у исхрани и имају различите ефекте на метаболичке процесе као што су дијабетес, садржај глукозе у крви, гликозилација протеина и сл. Гликозилација је ензимски процес који додаје гликане на протеине, липиде, или друге органске молекуле. У поређењу са тјестенином и хљебом без глутена, зрно киноа смањује хипогликемијски ефекат и слободне масне киселине у организму.

Количину угљених хидрата у зрну киноа износи 67–74% СМ, а садржај амилозе је близу 11% (Jancigová и сар. 2009). Грануле скроба киноа мања су од гранула скроба кукуруза (1–2 μm) или пшенице (2–40 μm). Поред скроба, у зрну киноа налазе се и други угљени хидрати: моносахариди (2%), дисахариди (2,3%), сирова влакна (2,5–3,9%) и пентозани (2,9–3,6%) (Valencia-Chamorro 2003). Предност мањег пречника гранула скроба киноа је у побољшању везивања и смањењу ломљивости (Јап и сар. 2019). Сахароза је присутна у значајним количинама у поређењу са другим шећерима (González и сар. 1989). Садржај шећера у кинои веома је сличан садржају шећера у штиру (Valencia-Chamorro 2003).

5.3.3.1. Скроб

Скроб је кључни састојак у зрна киноа и чини до 70% његове биомасе. Као високомолекуларни угљени хидрат – полисахарид састоји се од међусобно повезаних јединица глукозе. Општа формула скроба је $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Биљке га синтетишу и користе као резервну енергију. У храни се налази у житима, махунаркама, кромпиру, бананама и другим намирницама. Скроб се састоји од два полимера: амилозе и амилопектина. Амилоза је линеарни полимер у коме су глукозне јединице повезане са α (1 $\rightarrow$ 4) везама. Амилопектин је разгранати полимер који има основне структурне ланце сличне амилози, који се распоређују тако да формирају разгранату структуру уметањем

бочних ланаца преко α (1→6) веза. (Contreras-Jiménez и сар. 2019; Kierulf и сар. 2020). Грануле се налазе у перисперму зрна, појединачно или удружене стотине појединачних гранула, чиме се формира сложенија структура (Lorenz 1990). Скроб у кинои веома је разгранат, са минималном полимеризацијом од 4.600 и максималном од 161.000 јединица глукана. Дужина ланца може зависити од сорте киное, али је реда величине 500–6.000 глукозних јединица. Просјечан степен полимеризације амилозе киное је 900, односно нижи је него код јечма, код којег је 1.700. Амилоза има просјечно 11,6 ланаца по молекулу. Амилопектин киное састоји се од кратких (8–12 јединица) и дужих (13–20 јединица) ланаца. Скроб киное има ниску сварљивост и екстракцију због везивања за протеине (Ruales и Nair 1994). Садржај амилозе у кинои је 7–27%, што је много више у поређењу са јечмом и пиринчем (Goyat и сар. 2019).

5.3.3.2. Влакна

Садржај дијететских влакана у кинои једнак је садржају влакана у житима и махунаркама, али је њихова количина мања него код хељде (Nascimento и сар. 2014). Према истраживањима спроведеним на животињским моделима, зрна киное садрже арабинане и рамногалактуронан-1, који су довели до поремећаја метаболизма желуца код пацова (Konishi и сар. 2004). Иако се састав влакана киное разликује од састава других жита, потребно је детаљно проучити биохемијски и терапеутски потенцијал киное како би се разумио њен специфичан физиолошки утицај на организме који конзумирају киноу.

5.3.4. Минерали

Спољашњи слојеви перикарпа садрже неколико минерала као што су калијум, калцијум, магнезијум и фосфор (Bascuñán-Godoy и сар. 2016; Zevallos и сар. 2012). На основу препоручене дневне дозе за људе (*Recommended Dietary Allowance*, RDA), киноа је добар извор магнезијума, фосфора и гвожђа (Таб. 5.3). Садржај гвожђа износи 8–9 mg/100 g и већи је него код жита. Међутим, присуство антинутритивних једињења, као што су сапонини и фитинска киселина, може значајно смањити биорасположивост неких минерала (Vinning и McMahon 2006). Различити третмани као што су љуштење и прање смањују садржај минерала; 12–15% гвожђа, цинка и калијума, 27% бакра и 3% магнезијума.

Таб. 5.3. Минерални састав (mg/kg СМ) у кинои и неким житима (Koziol 1992)
 Table 5.3. Mineral composition (mg/kg dry wt) in quinoa and some cereals
 (Koziol 1992)

Минерали	Киноа	Пшеница	Пиринач	Јечам
Ca	1.487	503	69	430
Mg	4.996	1.694	735	1.291
K	9.267	5.783	1.183	5.028
P	3.837	4.677	1.378	3.873
Fe	132	38	7	32
Cu	51	7	2	3
Zn	44	47	6	35

5.3.5. Витамини

Киноа је добар извор витамина Е и В и фолне киселине, који се налазе у ембриону (Berghofer и сар. 2002; Taylor и сар. 2002) (Таб. 5.4). Посједује значајну количину витамина С, рибофлавина, фолне киселине и тиамина у поређењу са другим житима. Конзумирањем 100 g киноа могу се задовољити дневне дијететске потребе одрасле особе за пиридоксином и фолном киселином. Конзумирањем 100 g зрна киноа може се задовољити 40% код дјеце препорученог дневног уноса протеазе, целулазе и хемицелулазе (Dini и сар. 2003). Механичка абразија зрна повећава активност α -амилазе и протеазе (Dini и сар. 2003). Насупрот томе, нивои целулазе и хемицелулазе се смањују са абразијом, што указује на њихово присуство у перикарпу.

Таб. 5.4. Концентрације витамина (mg/100 g СМ) у кинои и неким житима (Koziol 1992)
 Table 5.4. Vitamin concentrations (mg/100 g dry wt) in quinoa and some cereals
 (Koziol 1992)

Витамини	Киноа	Пшеница	Пиринач	Јечам
Тиамин (Б1)	0,38	0,55	0,47	0,49
Рибофлавин (Б2)	0,39	0,16	0,10	0,20
Ниацин (Б3)	1,06	5,88	5,98	5,44
Аскорбинска киселина (Ц)	4,00	0	0	0
α -токоферол	5,37	1,15	0,18	0,35
β -каротен	0,39	0,02	–	0,01

5.4. Секундарни метаболити

Примарни метаболити су једињења која су директно укључена у раст и развитак биљака, док су секундарни метаболити једињења произведена у другим метаболичким путевима, која, иако важна, нису неопходна за функционисање биљака.

5.4.1. Фитоекдистероиди

Међу секундарним метаболитима, фитоекдистероиди штите биљке од инсеката штеточина и нематода (Alvarez-Jubete и сар. 2010). Фитоекдистероиди су углавном присутни у мекињама зрна као слободна и поларна/неполарна конјугована једињења, а класификују се на основу броја атома угљеника у структури као C27 и C28 фитоекдистероиди (Lutz и сар. 2013). Киноа је једино псеудожито које садржи значајну количину фитоекдистероида – од 138 до 570 $\mu\text{g/g}$ (De Simone и сар. 1990). Биљка киноа садржи око 36 различитих врста фитоекдистероида (Ruales и Nair 1993), од којих C-27 фитоекдистероиди, који имају неколико здравствених користи (Ruales и Nair 1994), имају највећу концентрацију (Ayala и сар. 2001). Фитоекдистероиди спречавају старење коже због свог антиоксидативног потенцијала који омогућава хелирања металних јона и уклањање слободних радикала (Galvez Ranilla и сар. 2009). Ови секундарни метаболити такође се користе као безбједна и ефикасна замјена за анаболичке стероиде (Schoenlechner и сар. 2008) и веома су корисни у подстицању развоја скелетних мишића, због чега играју важну улогу у повећању физичких перформанси (Repo-Carrasco и Encina-Zelada 2008). Неколико *in vivo* истраживања потврдило је улогу фитоекдистероида киноа у спречавању проблема гојазности, што је посљедица повећане оксидације угљених хидрата (Pasko и сар. 2009). Фитоекдистероиди киноа имају потенцијал за спречавање дијабетеса кроз смањену оксидативну дегенерацију и побољшани транспорт глукозе у крви (Nsimba и сар. 2007).

5.4.2. Сапонини

Сапонини су биоактивна једињења присутна у перикарпу зрна киноа и од њих потиче горак укус зрна. Хемијски су састављени од тритерпеноидног или стероидног агликона са једним или више шећерних остатака као што су глукоза, галактоза, арабиноза, ксилоза и глукуронска киселина (Xia и сар. 2014). Сапонини присутни у зрнима киноа веома су разноврсни по својим

структурним карактеристикама, а студије показују да је око 68 различитих врста сапонинских једињења идентификовано у екстракту сировог сјемена киноа. Према количина сапонина присутних у зрнима, киноа сорте се класификују као „слатке“ (< 0,11% сапонина) или „горке“ (> 0,11% сапонина) (Valencia-Chamorro и сар. 2003; Dini и сар. 2010). Сапонини штите усјев од микроба, инсеката/птица и биљоједа, што убрзава органску производњу ове биљке. Сапонини немају никакав токсични или штетан ефекат на људско здравље након конзумирања. Захваљујући својим широким фармаколошким функционалностима позитивно утичу на људско здравље – уношење сапонина у исхрану помаже у снижавању нивоа холестерола у крви због њиховог хемолитичког дејства након директне интеракције са крвним ћелијама (Gomez-Caravaca и сар. 2012). Третирањем зрна киноа хладном, алкалном водом или механичком абразивношћу треба смањити концентрације сапонина, јер они имају инхибиторни ефекат на сварљивост и биорасположивост протеина киноа (Macarena и Ricardo 2008). Кључни функционални аспекти сапонина киноа су у побољшању људског здравља, и укључују антивирусну активност, антифунгалне способности, антиканцерогена својства, антитромботичке ефекте, хипохолестеролемијски потенцијал, диуретички потенцијал, хипогликемијско дејство и антиинфламаторне карактеристике (Vega-Galvez и сар. 2010; Yendo и сар. 2010). Антифунгални ефекат утврђен је против *Candida albicans* (Vilche и сар. 2003). Антиинфламаторно дејство сапонина се углавном приписује 3-O- β -D-глукопиранозил линолној киселини. Киноа сапонини смањују нивое инфламаторних медијатора и инхибирају ослобађање инфламаторних цитокина, укључујући интерлеукин-6 (IL-6) и фактор туморске некрозе (TNF-), и у ћелијама RAW264.7 индукованим липополисахаридом (Repo-Carrasco и сар. 2003). Због свог сурфактантног својства, сапонини могу повећати апсорпцију лијекова кроз мукозне мембране. Својство формирања нерастворљивих комплекса неких сапонина са минералима као што су цинк и гвожђе смањује апсорпцију и биорасположивост ових минерала у цријевима (Jancurová и сар. 2009).

5.4.3. Фенолна једињења

Феноли се састоје од велике и разноврсне класе једињења која садрже хидроксилну групу везану за најмање један ароматични угљоводонични прстен. Феноли имају високу структурну стабилност, што одређује снажан антиоксидативни потенцијал ових једињења (Woldemichael и Wink 2001). Зрна киноа садрже слободна фенолна једињења у распону 167,2–308,3 mg еквивалената галне киселине на 100 g суве масе (Harborne и Williams 2000; Nan и сар. 2019). Флавоноиди у сјемену киноа укључују деривате кверцетина, рутина и кемпферола. Зрна киноа такође посједују везане феноле, који су тако

названи јер су везани за структуре ћелијског зида као што су пектин, лигнин целулоза, хемицелулоза (арабиноксилани), а такође и за структурне протеине у облику штапића (Da-Silva и сар. 2007; Okarter и Liu 2010; Esatbeyoglu и сар. 2015; Laqui-Vilca и сар. 2017; Aguilar-Tuesta и сар. 2018). Зрна киноа садрже мању количину везаних фенола у поређењу са слободним фенолима (Tang и сар. 2015; Harborne и Williams 2000). Везана фенолна једињења су углавном присутна у листовима киноа, али не и у сјемуку (Da-Silva и сар. 2007).

Фенолна једињења присутна у различитим сортама киноа играју виталну улогу у спречавању проблема дијабетеса и гојазности (Harborne и Williams 2000). Током посљедње двије деценије, фенолна једињења су стекла велико интересовање због своје способности превенције хроничних болести и здравствених користи (Nap и сар. 2019). Дијететски феноли помажу у одржавању здравља цријева регулисањем микробне равнотеже цријева. Појединачне фенолне киселине доприносе побољшању метаболизма и ћелијске сигнализације и, самим тим, имају значајна антиканцерогена, антиинфламаторна, антигојазна, антидијабетичка и кардиопротективна дејства (Wolde-michael и Wink 2001; Okarter и Liu 2010).

5.4.3.1. Фенолне киселине

У ћелијском зиду листова киноа постоје слободне и хемијски везане фенолне киселине (Renard и сар. 1999; Da-Silva и сар. 2007). Листови и зрно киноа садрже различите врсте фенолних киселина и њихове деривате – хидроксидинаминске и хидроксидбензојеве киселине, које посједују значајна здравствена дејства као што су антихипертензивна, антиоксидативна, антидијабетичка, антиинфламаторна и антиканцерогена. Концентрација фенолних киселина у зрну киноа зависи од сорте (Acosta-Estrada и сар. 2014; Chen и сар. 2015; Multari и сар. 2018; Zhang и сар. 2020; Sampaio и сар. 2020).

5.4.3.2. Флавоноиди

Биљке киноа имају широк спектар флавоноида, укључујући бензојеву, ваниличну, сиригичну, п-кумаринску и ферулинску киселину (Tsao 2010). Флавоноиди се сматрају другом најзаступљенијом компонентом у зрну киноа (Harborne и Williams 2000).

Флавонол-гликозиди су најзаступљенији флавоноиди у листовима и зрнима киноа (Renard и сар. 1999). Киноа садржи 12 различитих врста флавонол-гликозида који се састоје од деривата кемпферола и кверцетина, са просјечном

појединачном концентрацијом од 839 $\mu\text{g/g}$ на основу суве масе (Gómez-Caravaca и сар. 2011).

Изофлавоноиди биљног поријекла показали су значајан користан утицај на здравље људи. У биљкама киноа први су их идентификовали Lutz и сар. (2013), који су потврдили присуство даидзеина у распону 0,70–2,05 $\text{mg}/100\text{ g}$ и генистеина 0,05–0,41 $\text{mg}/100\text{ g}$ у зрнима десет различитих сорти киноа.

5.4.4. Беталаини

Киноа садржи беталаин, фитохемикалију растворљиву у води, која дјелује као природни антиоксидант и стога помаже у превенцији рака (Samtiya и сар. 2021). Беталаин је у ствари пигмент, и црвена, црна и жута боја зрна киноа и њихових вегетативних дијелова потичу од беталаина (Bhargava и сар. 2006). Пигмент беталаин садржи азотна ароматична индолска једињења, која потичу од тирозина (бетацијанини црвено-љубичасте боје и бетаксантини наранџасто-црвене боје) (Tang и сар. 2015). Укупан садржај беталаина (збир бетаксантина и бетацијанина) у највећој мјери зависи од сорте и креће се између 0,15 и 6,10 $\text{mg}/100\text{ g}$ (Escribano и сар. 2017), док код неких сорти није утврђено присуство беталаина (Abderrahim и сар. 2015).

У поређењу са полифенолима, беталаин показује већу антиоксидативну активност (Ann-Mari и сар. 2011). Користи се као састојак у функционалној храни због својих антиканцерогених, антимикуробних, антилипидемијских и антиоксидативних својстава (Neagu и Barbu 2014). Беталаин се може користити као природна боја због своје стабилности на pH 3–7. Америчка агенција за храну и лијекове (*The United States Food and Drug Administration*, FDA) и Европска унија одобриле су беталаин као природну боју са Е-бројем (E-162) у супама, сосовима, млијечним производима, фармацеутским производима и козметици (Aguilar-Tuesta и сар. 2018). Љуске зрна киноа су богате беталаином, који у комбинацији са сапонинима производе веома користан састојак за прехранбену и фармацеутску индустрију (Esatbeyoglu и сар. 2015).

5.5. Здравствене користи киноа

Нутритивни квалитет зрна киноа је добро препознат, чак и од стране агенција као што су Национални истраживачки савјет (*National Research Council*, NRC) и Национална администрација за аеронаутику и свемир (*National Aeronautics and Space Administration*, NASA) (Schlick и Bubenheim 1993), које

су киноау укључиле као дио контролисаног еколошког система за одржавање живота (*Controlled Ecological Life Support System, CELSS*) (NTRS 2013). Ова древна гајена биљка може се користити и као замјена за алергене орашасте плодове и зрна. Погодна је за одрживу производњу и FAO ју је укључио у стратегију за подстицање узгоја традиционалних гајених биљака (FAO 2013).

Киноа има необичан састав и изузетан баланс уља, протеина, витамина, као и минерала, масних киселина и антиоксиданата, што је чини веома хранљивом намирницом. Садржи биљне хормоне фитоестрогене који се проучавају за лијечење симптома менопаузе, јер имају потенцијал да дјелују као естрогени у људском тијелу (Choudhary и сар. 2023). Садржај протеина у зрнима киное већи је него у другим житима, а уз то садрже све есенцијалне аминокиселине, укључујући и лизин. Киноа се сматра одличним биљним извором протеина за вегетаријанце, јер садржи 14% квалитетних протеина (Pathan и Siddiqui 2022). Нутритивна својства киное, а посебно велика количина и квалитет протеина, омогућавају употребу изолованих протеина у формулацији разних намирница, те постоји низ патената у вези са њиховом производњом, прерадом и употребом (Graf и сар. 2015). Један од њих је патент US 7563473 B2, који се односи на *концентрат протеина киное* (*Quinoa Protein Concentrate, QPC*), који садржи најмање 50% протеина, и на основу својих особина сврстава се у прехранбене и/или фармацеутске производе. Поред овог, постоји низ других концентрата из зрна киное који садрже протеине, скроб, уље или влакна. Сапонини добијени из зрна киное користе се у фармацеутској индустрији као имунолошки адјуванс за стимулацију неспецифичног имунитета, као и за побољшање имунолошког одговора на одабрани антиген и за побољшање апсорпције неких лијекова у слузокожи. Слично овом, постоји низ других примјера употребе сјемена киноа и нуспроизвода (Graf и сар. 2015).

Висок садржај влакана у зрну киное може помоћи у снижавању нивоа холестерола, смањењу нивоа шећера у крви и повећању осјећаја ситости. Варeње се стимулише влакнима, за шта су потребне жучне киселине које се дјелимично производе од холестерола. Како се процес варења побољшава, јетра извлачи холестерол из крви ради производње више жучне киселине, чиме се смањује количина холестерола. Према студији коју је спровео Њемачки институт за људску исхрану (*German Institute of Human Nutrition, DIfE*), откривено је да конзумирање дијететских влакана доприноси многим изненађујућим метаболичким ефектима који су независни од промјена тјелесне масе, а који укључују побољшање осјетљивости на инсулин и модулацију лучења неких цријевних хормона.

Особама које пате од целијакије препоручује се конзумирање хране која природно не садржи глутен. Међутим, особе који су на дијети без глутена могу се суочити са дефицитом у конзумирању свих есенцијалних хранљивих материја које су им потребне. Киноа је предложена за укључивање као производ без глутена који значајно побољшава садржај полифенола у поређењу са другим састојцима без глутена, као што су кромпир, пиринчано брашно и кукуруз. Полифеноли су супстанце које штите ћелије и хемикалије у тијелу од оштећења изазваних слободним радикалима. Производи од киноа могу значајно побољшати антиоксидативну вриједност и хранљиве материје у исхрани у поређењу са контролним производима без глутена и производима од пшенице (Youssif и сар. 2018; Villa и сар. 2020; Bravi и сар. 2024).

Киноа је такође веома корисна особама који имају проблема са уношењем потребне количине гвожђа свакодневном исхраном. Само једна шоља киноа надокнађује 15% препоручене дневне количине гвожђа. Гвожђе је неопходно за функцију мозга и мишића. Једна шоља киноа садржи 13% препоручене дневне количине цинка, који је неопходан за људско здравље. Цинк игра веома важну улогу у функционисању јетре, а антиоксиданси су посебно важни за одржавање здраве коже, штите од оксидативних оштећења изазваних слободним радикалима, штите од ултраљубичастог зрачења и побољшавају зарастање рана (Hernández-Ledesma 2019; Lv и сар. 2023; Wei и сар. 2023).

Да би смањили тјелесну масу, људи морају да уносе мање калорија него што свакодневно сагоријевају. У њихову исхрану могу се укључити одређене намирнице које смањују апетит или убрзавају метаболизам. Киноа има неколико таквих особина, па ако је неко на дијети, вјероватно ће му бити дозвољено да конзумира киноу. Она је добар извор протеина, који могу и смањити апетит и значајно убрзати метаболизам. Богата је влакнима, што би требало да допринесе побољшању осећај задовољства и при мањем уносу укупних калорија (Little и сар. 2021; Wang и сар. 2022). Још једна важна особина киноа је та да има низак гликемијски индекс (Björck и сар. 2000; Priyanka и сар. 2018).

Данас милиони људи пате од поремећаја варења. То могу бити мањи проблеми, као што су затвор, дијареја, жучни каменци, или озбиљније болести, попут рака, чира и дивертикулитиса. Киноа је добар извор растворљивих и нерастворљивих влакана, која помажу у побољшању варења. Садржај растворљивих влакана у кинои може помоћи у уклањању холестерола из цријева, а такође може помоћи у контроли тјелесне масе ако неко има навику да једе пречесто и пати од поремећаја варења.

Киноа садржи многе антиинфламаторне хранљиве материје, попут сапонина, које спречавају упале, метаболичке болести и гојазност. Према Кинеској академији пољопривредних наука, Пекинг (*Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing*), киноа се може користити као функционална компонента хране за спречавање и лијечење упала. Флавоноиди, полисахариди ћелијског зида, хранљиве материје из породице витамина Е, нпр. γ-токоферол и фенолне киселине, такође имају антиинфламаторна својства (Gordillo-Bastidas и сар. 2016; Noratto и сар. 2019; Malek Mahdavi и сар. 2023).

Полифеноли, флавоноиди, сапонини, полисахариди, пептиди и екдизон, који обезбеђују уравнотежену исхрану, побољшавају функције тијела, регулишу шећер у крви, смањују липиде у крви, повећавају антиоксидативно и антиинфламаторно дејство и лијече кардиоваскуларне болести (Такао и сар. 2005; Farinazzi-Machado и сар. 2012; Graf и сар. 2014; Karimian и сар. 2021; Atefi и сар. 2022; Zhang и Li 2024). Стога је киноа посебно погодна за људе који пате од хроничних болести, као што су дијабетес, хипертензија, хиперлипидемија и срчана обољења, као и за старије особе. Због своје свеобухватне нутритивне вриједности и јестивих функционалних карактеристика, киноа је боља од већине жита и постала је веома значајна храна погодна за људску исхрану (Paško и сар. 2009; Wang и сар. 2019; Fernández-López и сар. 2024; Huang и сар. 2024).

5.6. Антинутријенти, алергеност и токсичност киноа

Алергија на храну је имуни одговора организма који покреће страни протеин, који организам препознаје као пријетњу. Ово није исто што и нетолеранција на храну, осјетљивост на храну или аутоимуна болест. Главни антинутријенти киноа су сапонини и фитинска киселина, док су неки други антинутријенти, попут танина, инхибитора трипсина и оксалата, присутни у траговима (Khardia и сар. 2012). Неки сапонини се понекад сматрају антинутријентима јер формирају нерастворљиве комплексе са гвожђем, цинком и калцијумом, што смањује биорасположивост минерала (Caballero и сар. 2003; Bhargava и Srivastava 2013). Фитинска киселина је антинутријент који се често налази у храни биљног поријекла, који испољава снажно хелирајуће дејство на минерале или друге позитивно наелектрисане молекуле. Међутим, доказано је да клијање значајно смањује ове антинутритивне компоненте и повећава садржај минерала у кинои (Al-Qabba и сар. 2020; Bhinder и сар. 2021; Darwish и сар. 2020). Због горког укуса који производе сапонини, они се обично уклањају из зрна прије конзумирања (Al-Qabba и сар. 2020).

Алергија на киноу није баш честа у хуманој популацији, али је регистровано неколико случајева (Navruz-Varli и Sanlier 2016). Поред тога, доказано је да је киноа безбједна за људе са алергијом на пшеницу (Asao и Watanabe 2010).

Протеински токсин пронађен у кинои – киноин, може блокирати синтезу протеина и изазивати морфолошке промјене ћелија. Због тога се препоручује конзумирање куване киное умјесто сирове, јер се протеински токсини лако денатуришу на високој температури (Landi и сар. 2021).

5.7. Закључак

Тренутна епидемиолошка ситуација која је слична у многим земљама широм свијета – растуће стопе гојазности код дјеце, висока преваленција гојазности током/након трудноће код жена, високе стопе незаразних болести попут кардиоваскуларних болести, дијабетеса и канцера, које су повезане са главним узроцима смрти, иницирала је трагање за нутрицеутском храном која може ублажити наведене проблеме. То је довело до значајнијег поновног гајења, проучавања, дистрибуције и конзумирања киное, која нутритивно представља одличан извор хранљивих материја и биоактивних фитохемикалија значајних за правилну исхрану хумане популације. Киноа садржи више масти, влакана, угљених хидрата, протеина, антиоксиданата, омега-3 масних киселина, витамина и минерала од било којег другог жита, што је чини комплетном храном. Зрна киное без глутена вриједан су извор енергије за поједине дијелове хумане популације, укључујући дјецу, старије особе и врхунске спортисте. Узимајући у обзир све њене особине, киноа се тренутно промовише као изузетно здрава храна („суперхрана“), такозвана храна XXI вијека. Ова гајена биљка производи се углавном органски и нема штетан утицај на здравље људи нити животиња. Киноа је адаптабилна на екстремне и сирове услове, попут суше и високог салинитета земљишта, успјешно се производи у равницама, пустињама, већим надморским висинама, широком распону рН вриједности земљишта и екстремно ниским температурама, што је чини комплетним пакетом квалитативних и есенцијалних нутритивних састојака хране за здравији начин исхране у садашњим промјенљивим климатским условима. Међутим, антинутитивна једињења (сапонини) треба уклонити оплемењивањем и/или технологијом припреме за конзумирање, како би се избјегао осећај горчине. Будућа истраживања треба да обухвате свеобухватнија клиничка испитивања у циљу стицања више знања и разумијевања о могућим механизмима дјеловања фенола и флавоноида код метаболичких поремећаја и болести код људи.

Литература

- Abderrahim F, Huanatico E, Segura R, Arribas S, Gonzalez MC, Condezo-Hoyos L (2015) Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. Food Chem 183:83–90. doi:10.1016/j.foodchem
- Aguilar-Tuesta S, Mamani-Navarro W, Espinoza-Silva C, Basilio-Atencio J, Condezo-Hoyos L (2018) Microencapsulated betacyanin from colored organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Optimization, physicochemical characterization and accelerated storage stability. J Sci Food Agric 98:5873–5883. doi:10.1002/jsfa.9152
- Al-Qabba MM, El-Mowafy MA, Althwab SA, Alfheaid HA, Aljutaily T, Barakat H (2020) Phenolic profile, antioxidant activity, and ameliorating efficacy of chenopodium quinoa sprouts against CCl₄-induced oxidative stress in rats. Nutrients 12(10):2904
- Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt EK, Gallagher E (2010) Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food Chem 119:770–778. doi:10.1016/j.foodchem.2009.07.032
- Ann-Mari N, Repo-Carrasco-Valencia R, Lesli Astuhuaman S (2011) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. Food Sci Technol 31:225–230. doi:10.1590/S0101-20612011000100035
- APG (1998) An ordinary classification for the families of flowering plants. Ann Mo Bot Gard 85(4):531–53
- Asao M, Watanabe K (2010) Functional and bioactive properties of quinoa and amaranth. Food Sci Technol Res 16(2):163–168
- Atefi M, Mirzamohammadi S, Darand M, Tarrahi MJ (2022) Meta-analysis of the effects of quinoa (*Chenopodium quinoa*) interventions on blood lipids. J Herb Med 34:100571. doi:10.1016/j.hermed.2022.100571
- Acosta-Estrada BA, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldívar SO (2004) Bound phenolics in foods, a review. Food Chem 152:46–55. doi:10.1016/j.foodchem.2013.11.093
- Ayala G, Ortega L, Morón C (2001) Nutritive value and uses of quinoa. Доступно на: http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap8_1.htm, Приступљено; 1. мај 2025
- Bazile D (2013) Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO, Santiago de Chile and CIRAD, Montpellier, France, pp 724
- Bazile D, Pulvento C, Verniau A, Al-Nusairi MS, Ba D, Breidy J, Hassan L, Mohammed MI, Mambetov O, Otambekova M, Sepahvand NA, Shams A, Souici D, Miri K, Padulosi S (2016) Worldwide evaluations of quinoa: Preliminary results from Post International Year of Quinoa FAO Projects in nine countries. Front Plant Sci 7:850. doi:10.3389/fpls.2016.00850

- Ballester-Sánchez J, Gil JV, Haros CM, Fernández-Espinar MT (2019) Effect of incorporating white, red or black quinoa flours on free and bound polyphenol content, antioxidant activity and colour of bread. *Plant Foods Human Nutr* 74:185–191. doi: 10.1007/s11130-019-00718-w
- Bascuñán-Godoy L, Reguera M, Abdel-Tawabb YM, Blumwald E. Water deficit stress-induced changes in carbon and nitrogen partitioning in *Chenopodium quinoa* Willd. *Planta* 243:591–603. doi:10.1007/s00425-015-2424-z
- Berghofer E, Schoenlechner R. Grain Amaranth (2002) *In*: Belton PS, Taylor JRN (eds). *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential*. Springer-Verlag, Berlin, pp 219–260
- Björck I, Liljeberg H, Ostman E (2000) Low glycaemic-index foods. *Br J Nutr* 83(Suppl 1):S149–155
- Bosque-Sanchez H, Lemeur R, Van Damme P, Jacobsen SE (2003) *Chenopodium quinoa* Willd. *Food Rev Int* 19:111–119. doi:10.1081/FRI-120018874
- Bravi E, Sileoni V, Marconi O (2024) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as Functional Ingredient for the Formulation of Gluten-Free Shortbreads. *Foods* 13(3):377. doi:10.3390/foods13030377
- Budreviciute A, Damiani S, Sabir DK, Onder K, Schuller-Goetzburg P, Plakys G, Katileviciute A, Khoja S, Kodzius R (2020) Management and Prevention Strategies for Non-communicable Diseases (NCDs) and Their Risk Factors. *Front Public Health* 26(8):574111. doi:10.3389/fpubh.2020.574111
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D (2006) *Chenopodium quinoa*—An Indian perspective. *Ind Crops Prod* 23:73–87. doi:10.1016/j.indcrop.2005.04.002
- Bhargava A, Srivastava S (2013) Quinoa: Botany, production and uses. CABI
- Bhinder S, Kumari S, Singh B, Kaur A, Singh N (2021) Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour. *Food Chem* 346:128915
- Valencia-Chamorro SA (2003) Quinoa. *In*: Caballero B (ed) *Encyclopedia of Food Science and Nutrition* Vol 8. Academic Press, Amsterdam, pp 4895–4902
- Varisi VA, Camargos LS, Aguiar LF, Christofoleti RM, Medici LO, Azevedo RA (2008) Lysine biosynthesis and nitrogen metabolism in quinoa (*Chenopodium quinoa*): study of enzymes and nitrogen-containing compounds. *Plant Physiol Biochem* 46:11–18. doi:10.1016/j.plaphy.2007.10.001
- Vega-Galvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA (2010) Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). an ancient Andean grain: A review. *J Sci Food Agric* 90:2541–2547. doi:10.1002/jsfa.4158
- Vidueiros SM, Curti RN, Dyner LM, Binaghi MJ, Peterson G, Bertero HD, Pallaro AN (2015) Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. *J Cereal Sci* 62:87–93. doi:10.1016/j.jcs.2015.01.001

- Villa PM, Cervilla N, Mufari R, Bergesse A, Calandri E (2020) Making Nutritious Gluten-Free Foods from Quinoa. Seeds and Its Flours. Proceedings 53:5. doi:10.3390/proceedings2020053005
- Vilche C, Gely M, Santalla E (2003) Physical properties of quinoa seeds. Biosyst Engin 86:59–65. doi:10.1016/S1537-5110(03)00114-4
- Vinning G, McMahon G (2006). Gluten-free grains: a demand and supply analysis of prospects for the Australian grains industry. 2006. Publication N° 05/011 Project AMR-10A
- Da-Silva WS, Harney JW, Kim BW, Li J, Bianco SD, Crescenzi A, Christoffolete MA, Huang SA, Bianco AC (2007) The small polyphenolic molecule kaempferol increases cellular energy expenditure and thyroid hormone activation. Diabetes 56:767–776. doi:10.2337/db06-1488
- Galvez Ranilla L, Apostolidis E, Genovese MI, Lajolo FM, Shetty K (2009) Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. J Med Food 12:704–713. doi:10.1089/jmf.2008.0122
- Galwey NW (1992) The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: A review. Ind Crops Prod 1:101–106. doi:10.1016/0926-6690(92)90006-H
- Garza-Juárez A, Pérez-Carrillo E, Arredondo-Espinoza EU, Islas JF, Benítez-Chao DF, Escamilla-García E (2023) Nutraceuticals and Their Contribution to Preventing Noncommunicable Diseases. Foods 12:3262. doi:10.3390/foods12173262
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Del Castillo C, Buytaert W (2006) Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. Agric Forest Meteorol 139:399–412. doi:10.1016/j.agrformet.2006.08.018
- Gomez-Pando L (2015) Quinoa Breeding. In: Murphy KS, Matanguihan J (eds) Quinoa: Improvement and Sustainable Production. Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA, pp 256, doi:10.1002/9781118628041
- Gomez-Caravaca AM, Iafelice G, Lavini A, Pulvent C, Caboni MF, Marconi E (2012) Phenolic compounds and saponins in quinoa samples (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown under different saline and nonsaline irrigation regimens. J Agric Food Chem 60:4620–4627. doi:10.1021/jf3002125
- Gomez-Caravaca AM, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A, Caboni MF (2011) Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) by a liquid chromatography–diode array detection–electrospray ionization–time-of-flight mass spectrometry methodology. J Agric Food Chem 59:10815–10825. doi:10.1021/jf202224j
- González JA, Roldán A, Gallardo M, Escudero T, Prado FE (1989) Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* ("quinoa") Plant Foods Hum Nutr 39:331–337. doi:10.1007/BF01092070

- Gordillo-Bastidas E, Díaz-Rizzolo DA, Roura E, Massanés T, Gomis R (2016) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. *J Nut Food Sci* 6(3):1–10
- Goyat J, Rudra SG, Suri S, Passi SJ, Dutta H (2019) Nutritional, functional and sensory properties of ready-to-eat chia and quinoa mix enriched low amylose rice based porridge mixes. *Curr Res Nutr Food Sci J* 7:399–414. doi:10.12944/CRNFSJ.7.2.10
- Graf BL, Poulev A, Kuhn P, Grace MH, Lila MA, Raskin I (2014) Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. *Food Chem* 163:178–85. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.088
- Graf BL, Rojas-Silva P, Rojo LE, Delatorre-Herrera J, Baldeón ME, Raskin I (2015) Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Compr Rev Food Sci Food Saf* 14(4):431–445. doi:10.1111/1541-4337.12135
- Darwish AM, Al-Jumayi HA, Elhendy HA (2020) Effect of germination on the nutritional profile of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and its antianemic potential in Sprague–Dawley male albino rats. *Cereal Chem* 98:315–327
- De Simone F, Dini A, Pizza C, Saturnino P, Schettino O (1990) Two flavonol glycosides from *Chenopodium quinoa*. *Phytochemistry* 29:3690–3692. doi:10.1016/0031-9422(90)85310-C
- Delatorre-Herrera J (2003) Current use of quinoa in Chile. *Food Rev Int* 19:155–165. doi:10.1081/FRI-120018882
- Dini I, Tenore GC, Dini A (2003) Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: An interesting and underexploited Andine food plant. *Food Chem* 92:125–132. doi:10.1016/j.foodchem.2004.07.008
- Dini I, Tenore GC, Dini A (2010) Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT-Food Sci Tech* 43:447–451. doi:10.1016/j.lwt.2009.09.010
- Esatbeyoglu T, Wagner AE, Schiniatbeyo VB, Rimbach G (2015) Betanin—A food colorant with biological activity. *Mol Nutr Food Res* 59:36–47. doi:10.1002/mnfr.201400484
- Escribano J, Cabanes J, Jiménez-Atiénzar M, Ibañez-Tremolada M, Gómez-Pando LR, García-Carmona F, Gandía-Herrero F (2017) Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chem* 234:285–294. doi:10.1016/j.foodchem.2017.04.187
- Zevallos VF, Ellis HJ, Suligoy T, Herencia LI, Ciclitira PJ (2012) Variable activation of immune response by quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) prolamins in celiac disease. *Am J Clin Nutr* 96:337–344. doi:10.3945/ajcn.111.030684
- Zhang Q, Xing B, Sun M, Zhou B, Ren G, Qin P (2020) Changes in bio-accessibility, polyphenol profile and antioxidants of quinoa and djlis sprouts during in

- vitro simulated gastrointestinal digestion. Food Sci Nutr 8:4232–4241. doi:10.1002/fsn3.1718
- Zhang H, Li R (2024) Effects of quinoa on cardiovascular disease and diabetes: a review. Front Nutr 11:1470834. doi:10.3389/fnut.2024.1470834
- Jan KN, Panesar PS, Singh S (2019) Effect of moisture content on the physical and mechanical properties of quinoa seeds. Int Agrophys 33:41–48. doi:10.31545/intagr/104374
- Jancurová M, Minarovičová L, Dandár A (2009) Quinoa—A review. Czech J Food Sci 27:71–79. doi:10.17221/32/2008-CJFS
- Jacobsen SE (2003) The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev Int 19:167–177. doi:10.1081/FRI-120018883
- Jacobsen SE, Mujica A, Jensen CR (2003) The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Rev Int 19:99–109. doi:10.1081/FRI-120018872
- Jacobsen SE, Liu F, Jensen CR (2009) Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)? Scientia Hort 122:281–287. doi:10.1016/j.scienta.2009.05.019
- Jellen EN, Maughan PJ, Fuentes F, Kolano BA (2013) Botany, Phylogeny and Evolution. Section 1. Botany, Domestication and Exchanges of Genetic Resources. In: Bazile D, Bertero D, Nieto C (eds) State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). pp 12–23. Доступно на: www.fao.org/3/contents/ca682370-10f8-40c2-b084-95a8f704f44d/i4042e00.htm, Приступљено: 6. мај 2025
- Jensen CR, Jacobsen SE, andersen MN, Núñez N, andersen SD, Rasmussen L, Mogensen VO (2000) Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. Eur J Agron 13:11–25. doi:10.1016/S1161-0301(00)00055-1
- Kadereit G, Borsch T, Weising K, Freitag H (2003) Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the evolution of C4 photosynthesis. Int J Plant Sci 164(6):959–86
- Karimian J, Abedi S, Shirinbakhshmasoleh M, Moodi F, Moodi V, Ghavami A (2021) The effects of quinoa seed supplementation on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. Phytother Res 35:1688–96. doi:10.1002/ptr.6901
- Kent N (1963) Chemical Composition of Cereals. 3rd Ed. Pergamon Press, Oxford, pp 27–48
- Kierulf A, Whaley J, Liu W, Enayati M, Tan C, Perez-Herrera M, You Z, Abbaspourrad A (2020) Protein content of amaranth and quinoa starch plays a key role in their ability as pickering emulsifiers. Food Chem 315:126246. doi:10.1016/j.foodchem

- Kozioł M (1992) Chemical composition and nutritional evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J Food Comp Anal 5:35–68. doi:10.1016/0889-1575(92)90006-6
- Konishi Y, Hirano S, Tsuboi H, Wada M (2004) Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. Biosci Biotechnol Biochem 68:231–234. doi:10.1271/bbb.68.231
- Khardia N, Dhayal S, Sharma S, Kumawat H (2022) Nutritional, Antioxidant and Antinutritional aspects of Superfood: Quinoa. Food and Scientific Reports 3(4):30
- Landi N, Ruocco MR, Ragucci S, Aliotta F, Nasso R, Pedone PV, Di Maro A (2021) Quinoa as source of type 1 ribosome inactivating proteins: A novel knowledge for a revision of its consumption. Food Chem 342:128337
- Laqui-Vilca C, Aguilar-Tuesta S, Mamani-Navarro W, Montaño-Bustamante J, Condezo-Hoyos L (2018) Ultrasound-assisted optimal extraction and thermal stability of betalains from colored quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) hulls. Ind Crops Prod 111:606–614. doi:10.1016/j.indcrop.2017.11.034
- Little A, Murphy K, Solverson P (2021) Quinoa's Potential to Enhance Dietary Management of Obesity and Type-2 Diabetes: A Review of the Current Evidence. Diabetology 2(2):77–94. doi:org/10.3390/diabetology 2020007
- Lorenz K (1990) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) starch: Physico-chemical properties and functional characteristics. Starch/Staerke 42:81–86. doi:10.1002/star.19900420302
- Lutz M, Martínez A, Martínez EA (2013) Daidzein and genistein contents in seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from local ecotypes grown in arid Chile. Ind Crops Prod 49:117–121. doi:10.1016/j.indcrop.2013.04.023
- Lv Z, Liu F, Zhang P, Li W, Song Q, Xu J (2023) Revealing the molecular mechanisms of zinc accumulation and zinc deficiency responses in quinoa, analyzed by high-throughput gene expression profiling under zinc depletion and resupply. Environ Exp Bot 210:105330. doi:org/10.1016/j.envexpbot.2023.105330
- Malek Mahdavi A, JavadiVala Z, Khalili Y, Khalili M (2023) Effects of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) on inflammatory mediators: a systematic review of preclinical studies. Inflammopharmacology 31(1):241–251. doi:10.1007/s10787-022-01091-y
- Maradini-Filho AM (2017) Quinoa: Nutritional aspects. J Nutr Food Sci 2:1–5
- Martinez EA, Veas E, Jorquera C, San Martín R, Jara P (2009) Re-introduction of quinoa into Arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. J Agron Crop Sci 195:1–10. doi:10.1111/j.1439-037X.2008.00332.x
- Martinez EA (2013) Quinoa: Nutritional Aspects of the Rice of the Incas. Section 3. Nutritional and technical aspects *In*: Bazile D, Bertero D, Nieto C (eds). FAO & CIRAD, Rome. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013. pp 278–285

- Macarena S, Ricardo SN (2008) Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. Ind Crops Prod 27:296–302. doi:10.1016/j.indcrop
- Mestanza C, Riegel R, Silva H, Vásquez SC (2015) Characterization of the acetohydroxyacid synthase multigene family in the tetraploid plant *Chenopodium quinoa*. Elect J Biotechnol 8:393–398. doi:10.1016/j.ejbt.2015.07.003
- Miranda M, Vega-Galvez A, Martinez E, Lopez J, Rodriguez MJ, Henriquez K, Fuentes F (2012) Genetic diversity and comparison of physiochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. Cienc Technol Aliment Campinas 32:835–843. doi:10.1590/S0101-20612012005000114
- Miranda M, Vega-Galvez A, Martinez EA, Lopez J, Marin R, Aranda M, Fuentes F (2013) Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: Nutritional and functional properties. Chil J Agric Res 73:108–116. doi:10.4067/S0718-58392013000200004
- Motta C, Castanheira I, Gonzales GB, Delgado I, Torres D, Santos M, Matos AS (2019) Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa. J. Food Comp Anal 76:58–65. doi:10.1016/j.jfca.2018.10.001
- Multari S, Marsol-Vall A, Keskitalo M, Yang B, Suomela JP (2018) Effects of different drying temperatures on the content of phenolic compounds and carotenoids in quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) from Finland. J Food Compos Anal 72:75–82. doi:10.1016/j.jfca
- Navruz-Varli S, Sanlier N (2016) Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) J Cereal Sci 69:371–376
- Nascimento A, Mota C, Coelho I, Gueifao S, Santos M, Matos S, Giménez A, Lobo M, Samman N, Castanheira I (2014) Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranth caudatus*) and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the north of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. Food Chem 148:420–426. doi:10.1016/j.foodchem.2013.09.155
- Neagu C, Barbu V (2014) Principal component analysis of the factors involved in the extraction of beetroot betalains. J Agroaliment Proc Technol 20:311–318
- Noratto GD, Murphy K, Chew BP (2019) Quinoa intake reduces plasma and liver cholesterol, lessens obesity associated inflammation, and helps to prevent hepatic steatosis in obese db/db mouse. Food Chem 287:107–14. doi:10.1016/j.foodchem.2019.02.061
- Nsimba RY, Kikuzaki H, Konishi Y (2007) Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. Food Chem 106:760–766. doi:10.1016/j.foodchem.2007.06.004
- NTRS (2013) Quinoa: An emerging new crop with potential for CELSS. Доступно на: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19940015664>, Приступљено: 8. мај 2025

- Okarter N, Liu RH (2010) Health benefits of whole grain phytochemicals. *Crit Rev Food Sci Nutr* 50:193–208. doi:10.1080/10408390802248734
- Paško P, Bartoń H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Fořta M, Zachwieja Z (2009) Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem* 115:994–998. doi:10.1016/j.foodchem.2009.01.037
- Pathan S, Siddiqui RA (2022) Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients* 14(3):558. doi:10.3390/nu14030558
- Prego I, Maldonado S, Otegui M (1998) Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Ann Bot* 82:481–488. doi:10.1006/anbo.1998.0704
- Priyanka M, Jessie Suneetha W, Uma Maheswari K, Suneetha K B, Anila Kumari B (2018) Glycemic Index Profiling of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Variety. *J Pharm Res Int* 21(2):1–5
- Renard CM, Wende G, Booth EJ (1999) Cell wall phenolics and polysaccharides in different tissues of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) *J Sci Food Agric* 79:2029–2034
- Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE (2003) Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev Int* 19:179–189. doi:10.1081/FRI-120018884
- Repo-Carrasco R, Encina-Zelada CR (2008) Determination of the antioxidant capacity and phenolic compounds in Andean cereals: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev Soc Quim Peru* 74:85–99
- Repo-Carrasco-Valencia R, Hellstrom JK, Pihlava JM, Mattila PH (2010) Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Che* 120:128–133. doi:10.1016/j.foodchem.2009.09.087
- Rojas W, Pinto M, Alanoca C, Gómez-Pando L, León-Lobos P, Alercia A, Diulgheroff S, Padulosi S, Bazile D (2015) Quinoa genetic resources and ex situ conservation. In: Bazile D, Bertero D, Nieto C (eds) *State of the Art Report on Quinoa Around the World 2013*. FAO, CIRAD, Rome, pp 56–82
- Ruales J, Nair B. Quinoa (1992) (*Chenopodium quinoa* Willd), an important Andean food crop. *Arch Latinoamer Nutr* 42:232–241
- Ruales J, Nair B (1993) Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Food Chem* 48:137–143. doi:10.1016/0308-8146(93)90048-K
- Ruales J, Nair B (1994) Properties of starch and dietary fibre in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Foods Hum Nutr* 45:223–246. doi:10.1007/BF0109409
- Ruiz-Carrasco KB, Antognoni F, Coulibaly AK, Lizardi S, Covarrubias A, Martinez EA, Molina-Montenegro MA, Biondi S, Zurita-Silva A (2011) Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

- as assessed by growth, physiological traits and sodium transporter gene expression. *Plant Physiol Biochem* 49:1333–1341. doi:10.1016/j.plaphy.2011.08.005
- Sampaio SL, Fernandes A, Pereira C, Calhella RC, Sokovic M, Santos-Buelga C, Ferreira ICFR (2020) Nutritional value, physicochemical characterization and bioactive properties of Brazilian quinoa BRS Piabiru. *Food Funct* 11:2969–2977. doi:10.1039/D0FO00055H
- Samtiya M, Aluko RE, Dhewa T, Moreno-Rojas JM (2021) Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. *Foods* 10:839. doi:10.3390/foods10040839
- Siener R, Honow R, Seidler A, Voss S, Hesse A (2006) Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families. *Food Chem* 98:220–224. doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.059
- Schlick G, Bubenheim DL (1993) Quinoa: An emerging „new” crop with potential for CELSS. NASA Technical Paper 3422, pp 1–9.
- Schoenlechner R, Siebenhandl S, Berghofer E (2008) Pseudocereals. In: Arendt E, Dal Bello F (eds) *Gluten-free cereal products and beverages*. Food Science and Technology International Series. Academic Press, London, UK, pp 149–190
- Takao T, Watanabe N, Yuhara K, Itoh S, Suda S, Tsuruoka Y (2005) Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Food Sci Technol Res* 11:161–7. doi:10.3136/fstr.11.161
- Tang Y, Li X, Chen PX, Zhang B, Hernandez M, Zhang H, Marcone MF, Liu R, Tsao R (2015) Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chem* 174:502–508. doi:10.1016/j.foodchem.2014.11.040
- Taylor JRN, Parker ML (2002) Quinoa. In: Belton PS, Taylor JRN (eds) *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential*. Springer-Verlag, Berlin, pp 93–122
- Tsao R (2010) Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients* 2:1231–1246. doi:10.3390/nu2121231
- FAO (2013) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Quinoa. Доступно на: <http://www.fao.org/quinoa>, Приступљено: 6.мај 2025
- Farinazzi-Machado FMV, Barbalho SM, Oshiiwa M, Goulart R, Pessan Junior O (2012) Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. *Food Sci Technol* 32:239–44. doi:10.1590/S0101-20612012005000040
- Fernández-López J, Ponce-Martínez AJ, Rodríguez-Párraga J (2024) Quinoa and its Co-Products as Ingredients for the Development of Dairy Analogs and Hybrid Dairy Products. *Curr Food Sci Tech Rep* 2:319–331. doi:org/10.1007/s43555-024-00035-7
- Fotschki B, Juśkiewicz J, Jurgoński A, Amarowicz R, Opyd P, Bez J, Muranyi I, Petersen IL, Llopis ML (2020) Protein-rich flours from quinoa and buckwheat favourably

- affect the growth parameters, intestinal microbial activity and plasma lipid profile of rats. *Nutrients* 12:2781. doi:10.3390/nu12092781
- Han Y, Chi J, Zhang M, Zhang R, Fan S, Dong L, Huang F, Liu L (2019) Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during milling process. *LWT Food Sci Technol* 114:108381. doi:10.1016/j.lwt.2019.108381
- Harborne JB, Williams CA (2000) Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55:481–504. doi:10.1016/S0031-9422(00)00235-1
- Hernández-Ledesma B (2019) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of nutrients and bioactive compounds: a review. *Bioact Compd Health Dis* 2(3):27–47
- Huang H, Wang Q, Tan J, Zeng C, Wang J, Huang J, Wan Y (2024) Quinoa greens as a novel plant food: a review of its nutritional composition, functional activities, and food applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp 1–21. doi:org/10.1080/10408398.2024.2370483
- Caballero B, Trugo LC, Finglas PM (2003) *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic
- Contreras-Jiménez B, Torres-Vargas OL, Rodríguez-García ME (2019) Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chem* 298:124982. doi:10.1016/j.foodchem.2019.124982
- Chaudhary N, Walia S, Kumar R (2023) Functional composition, physiological effect and agronomy of future food quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review. *J Food Compos Anal* 118:105192. doi:org/10.1016/j.jfca.2023.105192
- Chen PX, Tang Y, Marcone MF, Pauls PK, Zhang B, Liu R, Tsao R (2015) Characterization of free, conjugated and bound phenolics and lipophilic antioxidants in regular-and non-darkening cranberry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Food Chem* 185:298–308. doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.100
- Christensen SA, Pratt DB, Pratt C, Nelson PT, Stevens MR, Jellen EN, Coleman CE, Fairbanks DJ, Bonifacio A, Maughan PJ (2007) Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genet Res* 5:82–95. doi:10.1017/S1479262107672293
- Wang QM, Zhang JG, Guo SP, Jun G, Xianzhou Z, Peng M (2019) Progress on nutrition function and exploitation utilization of quinoa. *Sci Technol Food Ind* 40:340–346. doi:10.13386/j.issn1002-0306.2019.17.056
- Wang TY, Tao SY, Wu YX, An T, Lv BH, Liu JX, Liu YT, Jiang GJ (2022) Quinoa Reduces High-Fat Diet-Induced Obesity in Mice via Potential Microbiota-Gut-Brain-Liver Interaction Mechanisms. *Microbiol Spectr* 10(3):e0032922. doi:10.1128/spectrum.00329-22
- Ward SM (2000) Allotetraploid segregation for single-gene morphological characters in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Euphytica* 116:11–16. doi:10.1023/A:1004070517808

- Wei C, Wang X, Jiang X and Cao L (2023) Preparation of quinoa bran dietary fiber-based zinc complex and investigation of its antioxidant capacity in vitro. *Front Nutr* 10:1183501. doi 10.3389/fnut.2023.1183501
- Winkel T, Méthy M, Thénot F (2002) Radiation use efficiency, chlorophyll fluorescence and reflectance indices, associated with ontogenic changes in water limited *Chenopodium quinoa* leaves. *Photosynthetica* 40:227–232. doi:10.1023/A:1021345724248
- Woldemichael GM, Wink M (2001) Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. *J Agric Food Chem* 49:2327–2332. doi:10.1021/jf0013499
- Xia X, Zhang Q, Liu R, Wang Z, Tang N, Liu F, Huang G, Jiang X, Gui G, Wang L (2014) Effects of 20-hydroxyecdysone on improving memory deficits in streptozotocin-induced type 1 diabetes mellitus in rat. *Eur J Pharmacol* 740:45–52. doi:10.1016/j.ejphar.2014.06.026
- Yendo ACA, De Costa F, Gosmann G, Fett-Neto AG (2010) Production of plant bioactive triterpenoid saponins: Elicitation strategies and target genes to improve yields. *Mol Biotechnol* 46:94–104. doi:10.1007/s12033-010-9257-6
- Youssif MR, Khalil MM, Ghoneim GA, Tamimy M (2018) Utilization of Quinoa Seeds to Produce Gluten-Free Pan Bread. *J Food and Dairy Sci, Mansoura Univ* 9(7):221–227

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – A Plant Species with Unique Nutritional Properties

Novo Pržulj

Summary

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) belongs to the family *Amaranthaceae* and is botanically related to spinach, beetroot, goosfoots, and amaranth. Although it is taxonomically and morphologically distinct from cereals, it is classified as a pseudocereal based on its use. It was one of the staple foods of the civilizations in the Andean region of Latin America before the arrival of Spanish conquistadors, cultivated for over 7,000 years—mainly in present-day Peru, Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina, and Colombia. Quinoa was used not only as food but also for medicinal purposes. Along with potatoes and maize, it was one of the three main dietary staples of the ancient Inca civilization. There is considerable genetic diversity among quinoa populations in terms of morphology, physiology, yield, chemical composition, and functional properties, depending on their geographic origin. Currently, more than 6,000 farmer-grown populations have been identified, and 16,422 quinoa accessions and wild relatives are stored in gene banks. This species has a high adaptive capacity to diverse and even extreme environmental conditions. In 2022, the highest grain production was recorded in Peru (113,376 tons), Bolivia (44,707 tons), and Ecuador (884 tons).

The chemical composition of quinoa grain is unique. It is gluten-free and rich in amino acids that are rare in the plant world—lysine, methionine, and cysteine—and contains the albumin protein, which is identical to the albumin found in egg whites. One of quinoa's most important features is its balanced profile of essential amino acids. Based on its amino acid content, quinoa proteins are nutritionally superior to those in traditional cereals. Its grain contains more than twice as much lysine as wheat, maize, and rice, which is the highest value recorded among cereals and pseudocereals. Quinoa grains also contain a high percentage of polyunsaturated fatty acids, particularly omega-3, -6, and -9, which are essential for human growth and development. They also have high levels of vitamin E (tocopherols: α , β , γ , δ) and tocotrienols (α , β , γ , δ), known for their strong antioxidant and biological activity. Due to this lipid profile, quinoa is considered an alternative to oil crops in some regions. Moreover, quinoa is rich in minerals such as potassium, calcium, magnesium, and

phosphorus and contains dietary fiber in quantities similar to those found in whole grains.

Quinoa contains a range of secondary metabolites with broad biological activity. At least 193 secondary metabolites have been identified over the past 40 years, including phenolic acids, flavonoids, terpenoids, steroids, and nitrogen-containing compounds. These metabolites exhibit various physiological functions, such as insecticidal, molluscicidal, and antimicrobial effects, as well as diverse biological activities, including antioxidant, cytotoxic, antidiabetic, and anti-inflammatory properties. Further research is needed to enhance the application of quinoa in the functional food industry, as well as in animal nutrition, medicine, and cosmetics. This paper provides an overview of quinoa's origin, significance, nutritional value, physiological functions, and role in human nutrition as a nutraceutical plant.

Keywords: Origin, Adaptability, Nutritional Quality, Chemical Composition, Bioactive Compounds, Nutraceutical Properties