

10

**Нутритивне и здравствене
предности конзумирања псеудожита**

Радослав Грујић, Митхат Јашић



UDK 613.22:581.19]:664.6/.7
DOI 10.7251/PRB2504269G

Цитирање: Грујић Р, Јашић М (2025) Нутритивне и здравствене предности конзумирања псеудожита. У: Пржуљ Н, Грујић Р (уредници) Нутрицеутске гајене биљке. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука. Монографија LXV:269–297

Cite as: Грујић Р, Јашић М (2025) Nutritional and health benefits of consuming pseudocereals. In: Pržulj N, Grujić R (eds) Nutraceutical cultivated plants. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka. Monograph LXV:269–297

Сажетак. Дијетална влакна, витамини, минерали, феноли и други биоактивни састојци у псеудожитима имају потенцијал за пружање помоћи код спречавања неких хроничних болести. Пошто не садрже глутен, псеудожита су погодна за исхрану особа које болују од целијакије. У овом поглављу дат је преглед најновијих истраживања о потенцијалном дјеловању састојака штира, киноа, чије и хељде на здравље људи. Преглед је фокусиран на нутритивне вриједности и здравствене предности наведених псеудожита.

Кључне ријечи: псеудожита, нутритивни значај, утицај на здравље

10.1. Увод

Пошто не садрже глутен, псеудожита су погодна за исхрану особа које болују од целијакије. То је хронични аутоимуни поремећај који погађа танко цријево људи са генетском осјетљивошћу на глутен из жита (Thakur и сар. 2021a). Конзумирање глутена узрокује оштећење мукозног зида танког цријева, што се манифестује кроз неправилну пробаву, малапсорпцију, са симптомима потхрањености. Остали неспецифични симптоми целијакије односе се на поремећене навике цријева, анемију и остеопорозу (McGough и Cummings 2005).

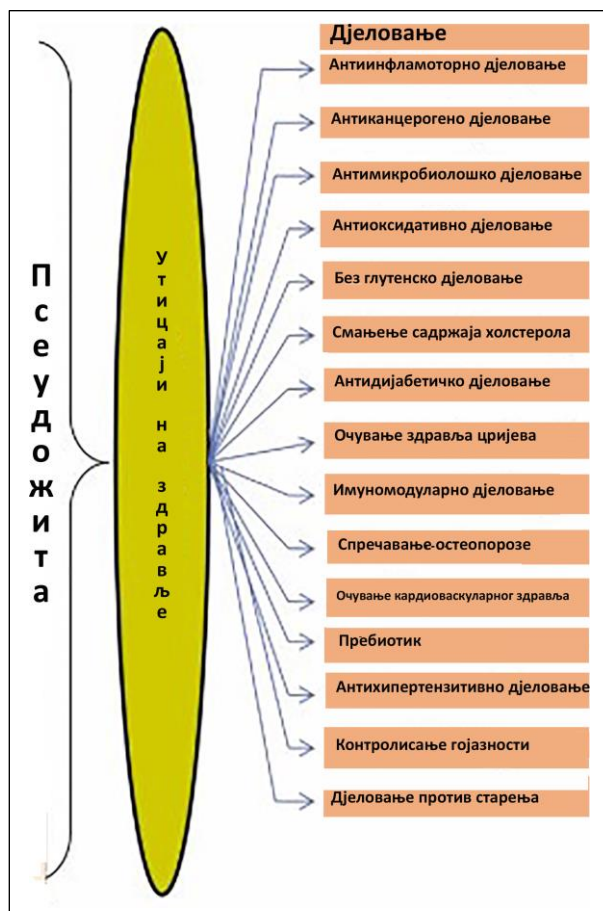
Више истраживања је потврдило да дијетална влакна, витамини, минерали, феноли и други биоактивни састојци, који се налазе у псеудожитима, имају потенцијал за борбу против хроничних болести као што су рак, дијабетес, хипертензија и кардиоваскуларне болести (Thakur и сар. 2021a). Псеудожита су богат извор нутрацеутских компоненти и имају бројне здравствене предности (на примјер, као антиканцерогена и антидијабетичка активност, снижавање холестерола итд.) (Thakur и сар. 2021a).

На Сл. 10.1 дат је преглед једињења из псеудожита, која посједују нутритивну вриједност и биоактивност, те потенцијални утицај на здравље људи (Thakur и сар. 2021a).

10.2. Нутритивне предности употребе псеудожита

Употреба псеудожита у исхрани се повећава. Poshadri и сар. (2024) сматрају да је то посљедица низа здравствених проблема који се повезују са исхраном која се заснива на месу и производима од меса (као што су хроничне болести, рак дебелог цријева, дијабетес, гојазност, хипертензија и друго), еколошким

проблема (емисија угљен-диоксида, прекомјерног кориштења воде и утицај на земљиште), те етичким питањима (добробит животиња), са једне стране и здравственом користи од конзумирања штира, киное, хељде, чије и других псеудожита, са друге стране. Редовно конзумирање псеудожита смањује ризик од хроничних болести (на примјер, одређене врсте рака). Zhu (2020) и Yang и сар. (2021) наводе да је суплементација штиром утицала на смањење садржаја триглицерида, укупног холестерола и фосфолипида у јетри мишева.



Сл. 10.1. Преглед потенцијалних утицаја на здравље људи (адаптирано према: Thakur и сар. 2021a)

Fig. 10.1. A review of potential impact on human health (Adapted from Thakur et al. 2021a)

Miranda-Ramos и сар. (2019) истраживали су утицај додавања интегралног брашна добијеног мљевењем двије сорте штира (*Amaranthus spinosus* из

Индије и *Amarantus hypochondriacus* из Мексика) на квалитет хљеба, анализирали његов утицај на унос важних нутријената, допринос задовољењу потреба организма и могући утицај на здравље. У наставку приказани су кључни подаци из њиховог истраживања. Додавање штировог брашна у замјесу значајно је повећало садржај протеина, липида, влакана, пепела и мио-инозитол фосфата. У хљебу са брашном од штира однос растворљива/нерастворљива влакна био је око 1 : 2. Ови аутори сматрају да унос производа са високим удјелом штира може покрити потребе за протеинима код одраслих особа и може значајно допринијети задовољењу дневних потреба за дијеталним влакнима, жељезом и цинком. Хљеб са *A. hypochondriacus* показао је већу прихватљивост од замјеса са *A. spinosus*. Већа количина брашна од штира додата у замјес тијеста прогресивно и значајно повећава садржај протеина, липида и пепела у односу на контролни узорак (Miranda-Ramos и сар. 2019) (Таб. 10.1). Додавање штира у количини до 25 g/100 g значајно побољшава нутритивну вриједност хљеба, а готови производи имају прихватљив сензорни и технолошки квалитет, те боља својства током старења.

Таб. 10.1. Утицај додавања брашна од интегралног брашна штира на састав хљеба (адаптирано према: Miranda-Ramos и сар. 2019)

Table 10.1. Effect of adding wholemeal amaranth flour on bread composition (Adapted from Miranda-Ramos et al. 2019)

Узорак	Једи- ница	Хљеб				
		Контрола	WAs-25	WAs-50	WAh-25	WAh-50
<i>Физичко-хемијски параметри</i>						
Вода	%	27,8	28,6	28,9	28,9	29,3
Протеини	% СМ	16,5	18,1	18,4	17,6	19,0
Липиди	% СМ	0,07	0,70	1,45	0,78	1,54
Пепео	% СМ	1,7	3,0	3,5	3,0	4,0
<i>Дијетална влакна</i>						
Укупна дијетална влакна	g/100 g СМ	6,96	9,50	11,7	9,9	11,3
Растворљива влакна	g/100 g СМ	3,1	3,2	2,9	3,4	3,4
Нерастворљива влакна	g/100 g СМ	3,9	6,3	8,7	6,5	7,9
Однос раств./нер. влакна ^a	g/g	1 : 1.2	1 : 2	1 : 3	1 : 1.9	1 : 2.3
AI допринос ^b	%	33/50	45/68	54/83	46/70	53/80
<i>Мио-инозитол фосфати</i>						
Ins P ₆	μmol/g	нд	3,6	8,8	3,7	8,5
Ins P ₅	μmol/g	нд	0,75	1,59	0,87	2,0
Ins P ₄	μmol/g	нд	0,40	0,61	0,34	0,61
Ins P ₃	μmol/g	нд	0,16	нд	0,27	нд
Ins P ₆ + Ins P ₅	μmol/g	нд	4,4	10,40	4,5	10,1

Узорак	Једи- ница	Хљеб				
		Контрола	WAs-25	WAs-50	WAh-25	WAh-50
<i>Минерали</i>						
Калцијум	mg/100 g CM	37,7	88,2	139,7	92,7	152,6
DRI допринос	%**	7	16	21	16	27
Ins P ₆ /Ca > 0,24 ^d	mol/mol	нд	0,16	0,24	0,16	0,22
Жељезо	mg/100 g CM	1,5	3,2	4,9	3,3	4,9
DRI допринос ^c	% мушка- рац/жена	35/15	72/32	108/48	74/33	108/48
Ins P ₆ /Fe > 1 ^f	mol/mol	нд	6,2	9,7	6,2	9,7
Цинк	mg/100 g CM	1,2	2,1	2,6	1,9	2,3
DRI допринос	% мушка- рац/жена	19/27	34/47	43/59	31/43	37/50
Ins P ₆ /Zn > 5 ^d	mol/mol	нд	11,2	20,9	12,4	24,3

Ознаке: WAs-25: 25% интегралног *A. spinosus* брашна; WAs-5: 50% интегралног *A. spinosus* брашна;

WAh-25: 25% интегралног *A. hypochondriacus* брашна; WAh-50: 50% интегралног *A.*

hypochondriacus брашна; CM – сува материја; Ins P₃ до Ins P₆: *mio*-инозитол који садржи 3–6 фосфата по остатку инозитола; нд – није утврђено присуство

^a – однос растворљивих/нерастворљивих влакана, 1 : 2 (Jaime и сар. 2001); 1 : 3 (Salas-Salvadó и сар., 2006)

^b – допринос AI (адекватан унос) (%) за просјечни дневни унос од 250 г хљеба. AI у г дневно за дијетална влакна код одраслог мушкарца/жене је (38/25). Вриједности у заградама су препоручене дијететске количине и адекватни унос за одрасле за оба пола између 19 и 50 година (Food and Nutrition Board Institute of Medicine 2005)

^c – DRI (референтни унос у исхрани) допринос (%) за дневни просјечни унос 250 г хљеба, ако су одсутни инхибитори апсорпције минерала. Вриједности у заградама су препоручени додаци у исхрани и адекватни унос за појединце између 19 и > 70 година, осим за: * (између 31 и > 70 година) и ** (мушкарци између 19 и 70 година, жене између 19 и 50 година) (Food and Nutrition Board Institute of Medicine 2005).

^d – однос прага (Ins P₆/минерал) за инхибицију доступности минерала (Ма и сар. 2005.); Ins P₆, *mio*-инозитол хексакисфосфат; минерали калцијум, жељезо или цинк

Псеудожита су добар извор дијеталних влакана (Iglesias-Puig и сар. 2015). Жита и псеудожита садрже више нерастворљивих него растворљивих влакана. Она се углавном састоје од лигнина и целулозе. Садржај укупних дијеталних влакана и растворљивих влакана је већи у штиру него у обичним житима. Дијетална влакна показују најефикасније физиолошко дјеловање у односу растворљиво/нерастворљиво од 1 : 2 (Jaime и сар. 2001).

Садржај укупних дијеталних влакана (11,7 g/100 g) (Miranda-Ramos и сар. 2019) у хљебу у чији замјес је додато 50% *A. spinosus* близу је минималног

износа дневних потреба (25 g дневно, према препорукама Свјетске здравствене организације, 2004), уз претпоставку да је унос хљеба 250 g/дан. Замјена 50% пшеничног брашна интегралним брашном са *A. spinosus* или са *A. hypochondriaci* допринијела је повећању уноса укупних дијеталних влакана, достижући 54/53% препорученог уноса (енглески назив AI) за одрасле мушкарце и 83/80% за одрасле жене, респективно (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine 2005).

Састав и структурне карактеристике дијеталних влакана из штира, хељде или киное представљају добар потенцијал за регулисање транзита у цријевима и смањење ризика од дијабетеса, хипертензије, болести срца, кардиоваскуларних болести и рака дебелог цријева (Salas и сар. 2006).

Код просјечног дневног уноса од 250 g хљеба, према препоруци Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (2005), додавање интегралног брашна штира у замјес хљеба доприноси задовољењу референтног уноса у исхрани за минералне материје. Обогаћени хљеб може обезбиједити скоро четири пута више калцијума него пшенични хљеб (Miranda-Ramos и сар. 2019). Што се тиче цинка, конзумирање контролног (пшеничног) хљеба би обезбиједило само 27% или мање дневне потребе одраслих, док би хљеб направљен са WAh/WAs могао осигурати скоро 50% дневних потреба за жене. Иста тенденција је уочена и код уноса жељеза, гдје WAh-25/WAs-25 може снабдјети мушкарце са више од 70% дневних потреба за овим минералом (Miranda-Ramos и сар. 2019). Због високог садржаја фитата, жељезо и цинк нису у цијелости биорасположиви. То показује моларни однос $\text{Ins P}_6/\text{минерали}$ (Таб. 10.1) (Miranda-Ramos и сар. 2019).

Додавање брашна штира у замјес хљеба повећало је садржај фитинске киселине са занемарљиво ниских вриједности у контролном узорку на 3,6/3,7 $\mu\text{mol/g}$ и 8,5/8,8 $\mu\text{mol/g}$ у замјесима WAs/WAh-25 и WAh/WAs-50 (Таб. 10.1) (Miranda-Ramos и сар. 2019). Током фазе ферментације жита/псеудожита фитати се могу хидролизирати под утицајем ендогених ензима фитазе. Што је вријеме ферментације дуже, то се садржај фитинске киселине смањује (Siwatch и сар. 2019).

10.3. Здравствене предности употребе псеудожита

Осим нутритивне вриједности, штир пружа бројне здравствене предности. Истраживања су показала да редовно конзумирање штира има хипохолестеролемично, противупално, антиреуматично, антиоксидативно, антидијабетичко, аналгетичко, антиеметичко, антималяријско и лаксативно

дјеловање. Осим тога, штир побољшава апетит, изазива смањење садржаја слободних масних киселина, побољшава функцију кардиоваскуларног система, дјелује антилепротично и помаже људима код хипертензије (Deng и сар. 2019; Ruth и сар. 2021; Karimi и сар. 2021). Наведене способности штира потичу од различитих биоактивних једињења присутних у сјеменкама. Постоје докази да рутин успорава процес старења, кверцетин спречава оксидацију, а никтофлорин помаже у заштити меморијских функција. Dabiја и сар. (2022) наводе низ примјера кориштења штира у здравствене сврхе. У неким земљама дијелови биљке штира користе се за лијечење различитих поремећаја у традиционалној медицини. Они наводе да конзумирање сјеменки штира доводи до значајног побољшања здравља дјеце, побољшања апетита, брзог зацељивања рана у устима и губитка тежине. У Бенину се листови штира препоручују малој дјечи, дојиљама и пацијентима са затвором, грозницом, крварењем, анемијом или проблемима са здрављем бубрега. У Сенегалу се коријен штира кува са медом и користи као лаксатив за бебе. У Гани се вода из мацерираних биљака користи за лијечење болова у удовима. У Судану и Габону пепео са стабљике штира се користи за завијање рана. У Габону се загријани листови штира стављају на туморе (Aderibigbe и сар. 2020; Ruth и сар. 2021).

Допринос хељде унапређењу здравља људи проучаван је широм свијета (Dabiја и сар. 2022). Подаци из литературе показују да дуготрајно конзумирање производа од хељде може спријечити и контролисати многе хроничне болести, као што су хипергликемија, хипертензија и хиперлипидемија (Zou и сар. 2021). Конзумирање производа који садрже хељду има противупално, хипогликемијско, хепатопротективно, антиканцерогено, антиоксидативно, вазопротективно, цитопротективно, антихипертензивно и антихеморагично дјеловање. Оно доприноси снижавању садржаја укупних триглицерида и садржаја укупног холестерола у крвном серуму, те спречава когнитивна оштећења, као што је Алцхајмерова болест (Chetty и сар. 2021; Luthar и сар. 2021). Хељда може утицати на смањење тежине, ризика од дијабетеса, можданог удара и коронарне болести срца (Živković и сар. 2021). Растворљива и нерастворљива дијетална влакна у зрну хељде доприносе смањењу гојазности.

Како би се разумјела улога киное, штира и хељде у лијечењу неких хроничних болести, проведена су бројна истраживања. У овом поглављу биће приказани резултати истраживања објављених у водећим часописима у свијету. Nandan и сар. (2024) анализирали су бројне публикације и указали на допринос биолошки активних састојака из псеудожита за унапређење здравља људи и објаснили механизме њиховог дјеловања.

Са друге стране, кроз литературу је показано да конзумирање чија сјеменки има велики потенцијални допринос очувању здравља (на примјер, противупална својства, контрола и превенција кардиоваскуларних болести, дијабетеса, хипертензије итд.) (Wang и сар. 2024). Осим тога, одсуство протеина глутена чини чија сјеменке посебном и драгоцјеном намирницом за пацијенте који пате од целијакије (Knez Hrnčič и сар. 2020). Конзумирање чија сјеменки може значајно смањити систолни крвни притисак, дијастолни крвни притисак и обим струка код одраслих, али није доказан значајан утицај на BMI и тежину (Saadh и сар. 2025).

10.3.1. Антиоксидативни капацитет

Многи нутријенти, као што су каротеноиди и феноли, имају антиоксидативна, антивирусна и противупална својства, што доприноси промовисању здравља (Kaur и сар. 2023). Антиоксиданси, познати и као „чистачи слободних радикала“, играју улогу у превенцији оксидације, смањењу ризика од инфекција, унапређењу здравља срца и превенцији различитих облика рака и дегенеративних болести (Giménez-Bastida и сар. 2017).

Антиоксидативна активност псеудожита, укључујући штир, хељду и киноу, значајна је због високог садржаја фенолних једињења и флавоноида. Захваљујући овом својству псеудожита могу имати позитиван утицај на здравље људи, као што су смањење оксидативног стреса, превенција хроничних болести и подршка општем здрављу ћелија. Штир садржи заштитна фенолна једињења која доприносе борби против рака или срчаних болести (Jan и сар. 2023). Киноа је богата фенолним једињењима и флавоноидима, укључујући гликозиде кемпферол, рутин и кверцетин, који побољшавају функционални статус хране, пружајући снажна антиоксидативна својства (Agarwal и сар. 2023).

Неколико студија истраживало је хидролизате протеина псеудожита као извор антиоксидативних пептида. Mudgil и сар. (2019) открили су да QPN и APN, произведени ензимском хидролизом, показују значајно већу активност у два теста уклањања слободних радикала (ABTS⁺ и DPPH тестови уклањања радикала) него изолат протеина киноа и API. Tapiya и сар. (2020) открили су да стимулисана GI дигестија (GID) може значајно побољшати антиоксидативни профил топлотно денатурисаног протеина сјемена штира. На антиоксидативну активност хидролизата протеина псеудожита утичу различити фактори, међу којима су извор ензима и услови хидролизе. Tang и Tsao (2017) испитивали су потенцијал за антиоксидативно дјеловање екстракта сјеменки штира. Током истраживања спријечено је настајање

оксида азота у макрофагима RAW 264.7, које су претходно биле изложене липополисахаридном стресу (LPS-у). Утврђено је да сквален из сјеменки штира доприноси ублажавању оксидативног оштећења коже.

Неколико биоактивних састојака из хељде (на примјер, полифеноли и пептиди) показало је снажно *in vivo* и *in vitro* антиоксидативно дјеловање (Zou и сар. 2023). Zhou и сар. (2020) сматрају да је ово дјеловање посљедица појачане активности ензима глутатион-пероксидазе, каталазе, супероксид-дисмутазе, те укупног антиоксидационог капацитета полифенола и пептида из хељде. Три пептида (Gly-Glu-Val-Pro-Trp, Tyr-Met-Glu-Asn-Phe и Ala-Phe-Tyr-Arg-Trp) албумина татарске хељде показала су значајан антиоксидативни капацитет инхибирањем утицаја на пероксидацију липида. Изоловани пептиди су ефикасни у уклањању слободних радикала и побољшању односа глутатион / оксидирани глутатион (GSH/GSSG) (Luo и сар. 2020).

Полипептиди RGQVIYVL, ASPKPSSA и QFLLAGR из киное уклањају слободне радикале (Zheng и сар. 2019). Исто тако, антиоксидативно дјеловање имају танини, флавоноиди и фенолна једињења изолована из сјемена киное. Они спречавају почетак реакције ланчане оксидације (Zhang и Tsao 2016).

10.3.2. Антидијабетичка активност

Неколико биоактивних пептида и хидролизата из различитих намирница има антидијабетичко дјеловање тако што инхибирају ензиме пробавног тракта (на примјер, дипептил-пептидазе IV – DPP-IV) и смањују ниво глукозе у крви (Kehinde и Sharma 2020). Berti и сар. (2005) извјештавају да је конзумирање киное довело до смањења садржаја триглицерида и слободних масних киселина (FFA). Високи ниво FFA омета регулисање глукозе путем инсулина, што као крајњи резултат утиче на повећање нивоа триглицерида у крви. Стога, често конзумирање киное може помоћи у сузбијању FFA, чиме се побољшава осјетљивост на инсулин и снижава ниво глукозе и триглицерида у крви. Феноли из киное могу ограничити активности α -амилазе и α -глюкозидазе и спријечити оксидативно оштећење органа укључених у пробаву угљених хидрата. Ово сугерише да феноли из киное могу спријечити хипергликемију и повезане компликације (Amit и сар. 2021).

Неке врсте штира (*A. caudatus*), стимулишу лучење инсулина и инхибирају ензиме дипептил-пептидазе IV. На тај начин утиче се на снижење нивоа глукозе у крви (Martinez--Lopez и сар. 2020; Thakur и сар. 2021b).

Биоактивни састојци из сјемена хељде имају способност да повећају осјетљивост на инсулин и тако доприносе побољшању толеранције на

глукозу, D-киро-инозитол (Zou и сар. 2023). Рутин из татарске хељде доприноси смањењу нивоа глукозе у серуму код особа обољелих од дијабетеса типа 2, јер регулисањем протеин-тирозин-фосфатазе 1B, утичу на смањење инсулинске резистенције (Lee и сар. 2016).

Резултати бројних истраживања сугеришу да се активни пептиди добијени из псеудожита, посебно киное и хељде, могу користити као алтернативе антидијабетичким лијековима. Међутим, потребна су додатна истраживања на животињама и људима како би се потврдила њихова ефикасност (Usman и сар. 2022).

10.3.3. Противупално дјеловање

Проклијале сјеменке штира садрже селен и бетацијанин и показују значајно смањење противупалног цитокина IL-6 у макрофагима RAW 264,7 (Tang и Tsao 2017). Valenzuela Zamudio и Segura Campos (2022) објашњавају механизам дјеловања биоактивних састојака сјемена штира као блокаду ћелијске активације NF-κB. То указује на смањење упале изазване LPS-ом у људским (THP-1) макрофагима.

Протеини киное и његови ензимски хидролизати добијени третманом са пепсином, папаином и панкреатином показали су снажну активност против упале (Shi и сар. 2019). Екстракти сјеменки киное са високим садржајем сапонина смањују производњу медијатора упале, на примјер оксида азота (Liu и сар. 2020). Chenopodin, протеин који се налази у сјеменкама киное, показао је противупална својства (Capraro и сар. 2020).

Кемпферол-3-O-β-рутинозид хељде има јако антиинфламаторно дјеловање на макрофаг RAW 264,7, када је он изложен LPS-у (Hwang и сар. 2019).

10.3.4. Хипохолестеролемијски ефекат

Проведена су бројна истраживања у сврху потврђивања хипохолестеролемичне активности псеудожита. Употреба природних састојака хране за лијечење хиперхолестеролемије је алтернатива конвенционалним лијековима који су скупи и имају нежељене нуспојаве.

Протеини и влакна из штира утичу на метаболизам холестерола (Sisti и сар. 2019). Штир утиче на ниво холестерола код мужјака пацова који су били на дијети богатој мастима. У њихов оброк су додавани или брашно штира или

изоловани протеини штира. Резултати *in vivo*веденог експеримента указују на повећано излучивање холестерола у фецесу и смањење садржаја холестерола у јетри (Sisti и сар. 2019).

Протеинске фракције киное показале су активност везивања жучне киселине, смањујући апсорпцију липида из оброка и на крају смањујући садржај холестерола у серуму. Ng и Wang (2021) наводе да 20-хидроксиекдизон има својство да снижава садржај холестерола. Хиполипидемијски ефекти производа који садрже киноу, као што су житне плочице, истраживани су на људима и објављени су у неколико радова. Редовно узимање плочице од киное код 22 особе у старосној доби 18–45 година током 30 дана смањило је садржај триглицерида, липопротеина ниске густине (LDL) и укупног холестерола. Поред тога, дошло је до значајног смањења нивоа глукозе у крви, притиска и тјелесне масе (Farinazzi-Machado и сар. 2012).

Укључивање хељде и производа који садрже хељду у исхрану смањује садржај укупног холестерола, глукозе у крви, триглицерида и липопротеина ниске густине (Thakur и сар. 2021a; Kaur и сар. 2023; Reddy и сар. 2024).

Активност протеина хељде на снижењу садржаја липида повезана је са њиховом способношћу да стимулишу лучење жучне киселине. Отпорни шкроб из татарске хељде показао је хиполипидемијску активност кроз смањење нивоа TG у плазми, укупног холестерола (TC), глукозе и TNF- α (Zhou и сар. 2019).

Zhou и сар. (2018) открили су да протеини татарске хељде могу значајно снижити ниво укупног холестерола у крви код мишева храњених obroком са високим садржајем масти током шест недјеља. CLA TBP се дјелимично приписује повећаном стварању кратколанчаних масних киселина регулisaњем цријевне микробиоте и смањењем реапсорпције жучних киселина.

10.3.5. Антихипертензивни ефекат

Антихипертензивна активност протеина и хидролизата штира је опсежно истражена (Usman и сар. 2022). Пептиди штира (7S-глобулин и глутелин) показују активност на инхибицији ACE (Rivero Meza и сар. 2023). Хидролизат протеина штира (APH) произведен ензимском хидролизом показао је дозно зависну ACE-инхибиторну активност *in vitro* и *in vivo* (Sabbione и сар. 2019). Espinosa-Hernández и сар. (2019) модификовали су 11S глобулин штира уградњом антихипертензивних пептида (IPP и VY) у тандему на C-крају.

Њихова хипотензивна активност модификованог хидролизата протеина била је боља од оне нативног хидролизата протеина.

Уочено је да пептиди изведени из протеина киноа инхибирају ACE активност *in vitro* и да су у стању да сниже крвни притисак код експерименталних животиња (Usman и сар. 2022). Киноа садржи биоактивне пептиде са инхибиторним дјеловањем на ензим који претвара ангиотензин (ACE) (Zheng и сар. 2019).

Chirinos и сар. (2020) објавили су да хидролизат протеина киноа (QPH) инхибира активност ACE-1 за 72,8%. Guo и сар. (2020) идентификовали су три потенцијална BAP-а (FHPFPR, NWFPLPR и NIFRPF) из QPH, за које је предвиђено да имају јаку ACE-инхибиторну активност користећи *in silico* анализу. Накнадне *in vitro* анализе су потврдиле ефекте ACE инхибиције ових пептида. Анализа је показала да Pro, Phe и Arg остаци на C-крају и Asn остатак на N-крају могу бити укључени у интеракцију између ACE и ових пептида.

Флавоноиди добијени из хељде, посебно рутин, ефикасни су у превенцији отврдњавања крвних судова, побољшању укупног протока крви, побољшању микроциркулације, детоксикацији крви и смањењу нивоа шећера у крви и урину (Hou и сар. 2017).

10.3.6. Хепатопротективно дјеловање

Уље штира углавном утиче на физичко-хемијске карактеристике липида и ћелијских мембрана хепатоцита. Посљедично, оно доприноси стабилизацији ћелијских мембрана, дјелујући као хепатопротективни агенс. Будући да је уље штира богато скваленом, компонентом која је у изобиљу присутна у уљу штира, познато је по својим антиоксидативним својствима и својствима заштите јетре. Такође, оно игра улогу у регулисању нивоа холестерола и помаже у елиминацији штетних материја из организма (Baraniak и Kania-Dobrowolska 2022).

Метаболичке реакције, које се одвијају у јетри, утичу на стварање реактивних кисеоникових врста (ROS) и слободних радикала (Nandan и сар. 2024). Киноа садржи фенолне састојке и витамине растворљиве у мастима, који доприносе смањењу оксидативног стреса и штите јетру од оксидативног оштећења. Утврђено је да је количина аланин-аминотрансферазе и аспартат-аминотрансферазе у крви пацова значајно смањена када су пацови са високом холестеролом у obroку имали киноу, која показује хепатопротективни ефекат (Ng и Wang 2021).

Рутин и кверцетин из хељде инхибирају повећање садржаја аланин-амино-трансферазе, аспартат-аминотрансферазе и алкалне фосфатазе и пружају хепато заштиту мишевима (Zou и сар. 2023). Флавоноиди из хељде показују инхибиторни утицај на MDA, крајњи производ који настаје пероксидацијом липида у јетри. Ова активност помаже у очувању структурног интегритета ћелија и спречава ослобађање растворљивих ензима из ћелија јетре, чиме штити организам од хепатотоксичности (Li и сар. 2017).

10.3.7. Антиканцерогена активност

Процењује се да трансформација нормалних ћелија у туморе који се могу клинички открити траје 10–30 година. Избор начина исхране може или промовисати или ометати напредовање тог стања (Tucker 2020). Иако ниједна храна не може у потпуности спријечити или успорити развој канцера, редовно конзумирање псеудожита, на примјер хељде, повезано је са мањим ризиком од добијања неколико врста канцера (Zou и сар. 2021). Конзумирање псеудожита богатих антиоксидансима може спријечити развој рака штитећи ДНК од оксидативног оштећења (Thakur и сар. 2021).

Taniya и сар. (2020) истраживали су ефекте хидролизата добијених симулираним GID-ом топлотно денатурисаног протеина штира на раст ћелија рака дојке MDA-MB 231 и открили да протеински хидролизати индукују транслокацију фосфатидилсерина, дезинтеграцију DNK, губитак интегритета мембране и повећану активност каспаза 3 у третираним ћелијама. Додатно, хидролизати су били у стању да спријече ћелије рака дојке да прођу кроз симулирану рану у ћелијском монослоју. Иако су аутори истакли да се антиканцерогена активност хидролизата протеина штира углавном приписује пептидима мале молекулске масе и слободним аминокиселинама, које се ослобађају током симулираног GID-a, резултати SDS-PAGE анализе нису показали никакве траке у стазама са дигестираним узорцима (Taniya и сар. 2020).

Током више истраживања доказано је да полисахариди киноа, биоактивни пептиди и фитоекдистероиди имају способност противканцерогеног дјеловања (Mohamed и сар. 2019). Антиоксидативни потенцијал сјеменки киноа већи је од потенцијала сјеменки штира. Главни антиоксиданс у кинои је витамин Ц, док су полифеноли носиоци антиоксидативне активности штира (Jan и сар. 2023).

Фенолни екстракт татарске хељде зауставио је G1 до S фазе ћелијског циклуса и увео ћелијску апоптозу путем p38/MAPK, показујући антиканцерогено

дјеловање против MDA-MB-231 ћелија рака дојке код жена (Li и сар. 2017). У случају ћелија рака желуца (MGC80-3), антиканцерогено дјеловање флавоноида из татарске хељде узроковано је повишеним дјеловањем апоптотичких протеина као што је каспаза-8 (Zhou и сар. 2019). Цинк и селен, који се налазе у хељди, дјелују стимулативно на имуни систем и тако посједују способност да спријече развој канцера (Sofi и сар. 2023).

Vilcasundo и сар. (2018) проучавали су антиканцерогени потенцијал QPN у ћелијама рака дебелог цријева и открили да гастродуоденална пробава активније ослобађа пептиде него пробава у желуцу. Иако је фракција пептида < 5 kDa била ефикаснија у уклањању слободних радикала од фракције > 5 kDa, фракција > 5 kDa показала је бољу антиканцерогену активност. Лектини, протеини који везују угљене хидрате, привукли су пажњу због својих повољних антипролиферативних активности и активности које индукују апоптозу. Претпоставља се да је антиканцерогена активност лектина углавном посредована индуковањем апоптозе на митохондријално-зависном путу, покрећући аутофагију или некрозу у неопластичним ћелијама путем повећане производње реактивних врста кисеоника (Gupta 2020).

10.3.8. Дјеловање пептида против старења

Антиоксидативна активност чини пептиде из псеудожита потенцијално примјењивим за одлагање старења. Утврђено је да инхибитор трипсина из хељде посједује својство спречавања старења (Li и сар. 2019; Li и сар. 2020; Zhu 2021). Током истраживања у будућности требало би свеобухватно испитати активност пептида добијених од псеудожита против старења, и тако обезбиједити иновативне природне суплементе за особе које су свјесне своје старости (Usman и сар. 2022).

10.3.9. Антимикробно дјеловање пептида

Више истраживача је своју пажњу усмјерило на откривање антимикробног потенцијала псеудожита хељде, киноа и штира (Usman и сар. 2022). Mudgil и сар. (2019) истраживали су антибактеријска својства хидролизата насталих третманом изолата протеина штира и киноа кориштењем протеаза, бромелаина и химотрипсина у различитим условима дигестије. Открили су да се инхибиторни ефекти против *Staphylococcus aureus* повећавају са продуженим временом хидролизе, а да је хидролизат протеина штира добијен хидролизом са бромелаином у трајању од шест сати има највећи

инхибиторни ефекат. Сапонини у кинои показали су антибактеријско дјеловање против *Staphylococcus aureus* (Dong и сар. 2020).

10.4. Пробиотичка и пребиотичка својства псеудожита

На пробиотичку способност хране утиче неколико елемената: aw, pH, састав намирнице, садржај соли, шећера, влаге и прехранбених адитива, те температура обраде хране, начин паковање и услови складиштења (Poshadri и сар. 2024). Храна богата пробиотицима је поуздана, нетоксична, не садржи патогене.

Уочена су пробиотичка својства штира. У брашно штира додата је бактерија *Lactobacillus rhamnosus*, након чега је брашно помијешано са водом или млијеком. Након двије седмице складиштења није било примјетних промјена у нутритивном саставу смјесе, а сојеви бактерија млијечне киселине (LAB) били су присутни у количинама између 10^8 и 10^9 CFU/mL (Matejčková и сар. 2016). На основу проведених истраживања, ниво пробиотичке активности производа у року употребе био је између 10^6 и 10^7 CFU/mL. Током ферментације побољшани су биорасположивост витамина, минерала, биоактивних супстанци, квалитет и сварљивост протеина, те антибактеријско дјеловање за контролу раста нежељених микроорганизама.

Пробиотичке и друге симбиотске функције ферментисане хране произведене уз додатак псеудожита могу се користити за лијечење рака дебелог цријева, синдрома иритабилног цријева, гастроинтестиналних проблема и затвора (Miranda-Ramos и Haros 2020). Ugural и Akyol (2022) извјестили су да се псеудожита могу користити у прављењу синбиотске хране путем природне ферментације или кориштењем пробиотичких култура, како би се индуковала синтеза кратколанчаних масних киселина и смањило оптерећење патогеним микроорганизмима (*Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Helicobacteraceae*, *Clostridium* и *E. coli*).

Протеини штира могу се користити као потенцијални извор антидијабетичких и антихипертензивних пептида за функционалну формулацију хране (Kamal и сар. 2021). Током клиничке студије са анемичном дјецом старости 2–5 година, Orsango и сар. (2020) током оброка дјеци су давали хљеб од штировог брашна. Преваленција анемије била је знатно нижа у групи која је узимала штир (32%) у поређењу са групом која је узимала кукуруз (56%). Бета коефицијент за процјену концентрације хемоглобина био је знатно већи у групи која је узимала штир у поређењу са другом групом. Учесталост анемије услед недостатка жељеза је смањена у групи која је узимала штир.

Gómez-Cardona и сар. (2017) истраживали су утицаја исхране у којој је присутан хљеб од штировог брашна на пацијенте обољеле од дијабетес мелитуса типа 2. Серумски маркери повезани са гојазношћу, укључујући лептин, резистин и висфатин, показали су пад у свим испитиваним групама. Осим тога, биомаркер кардиоваскуларног ризика инхибитор активатора плазминогена 1 такође је био нижи након тромјесечног периода терапије.

Током клиничке студије у коју су били укључени мушкарци и жене са високим кардиоваскуларним ризиком, Dinu и сар. (2017) пацијентима су давали хљеб, тјестенину, кекс и крекере од хељде. Конзумирање производа од хељде довело је до значајног побољшања различитих показатеља здравља, укључујући смањење укупног холестерола за 4,7%, холестерола липопротеина ниске густине за 8,5%, триглицерида за 15%, глукозе за 5,8% и инсулина за 17%. Ова побољшања су уочена без обзира на године, пол, индекс тјелесне масе и хипертензију.

10.5. Псеудожита и алергије на храну

Алергије на храну представљају здравствени проблем који утиче на квалитет живота и може довести до стања опасног по живот. Према доступним подацима 2–10% свјетске популације пати од алергија на храну (Wiederstein и сар. 2023). На пшеницу је алергично око 7% обољеле популације (Wiederstein и сар. 2023). Познато је да пшенични глутен ненормално покреће имуни систем и изазива целијакију. Једино рјешење за особе које болују од целијакије јесте адекватна нутритивна терапија, која доживотно искључује пшенични глутен у исхрани.

Производи без глутена који се продају на тржишту припремају се од конвенционалних врста брашна или скроба риже, кукуруза, проса, кромпира и тапиоке, који су слаб извор есенцијалних нутријената. Пацијентима са целијакијом, услед нутритивне малапсорпције и лоше исхране, недостају витамини и минерали. Због тога су брашна богата храњивим материјама без глутена неопходна у њиховој исхрани. Редовно узимање композитних намирница на бази псеудожита без глутена може побољшати нутритивни статус пацијената (De Arcangelis и сар. 2020). Употреба композитних мјешавина брашна од псеудожита без глутена, богатих храњивим материјама, које садрже биоактивне фитохемикалије, може бити најбоља алтернатива лошем нутритивном квалитету конвенционалних брашна без глутена и додатак за побољшање нутритивног квалитета традиционалне хране или за производњу нових, иновативних производа.

Хељда, иако је псеудожито, може изазвати алергију посредовану IgE. Norbäck и Wieslander (2021) анализирали су научне радове у којима је истраживана алергија на хељду. Они су утврдили да се алергија на хељду јавља код 0,1–0,4% популације у Јапану, Кореји и Кини. Алергија на хељду свакако је рјеђа од алергије на пшеницу, али она се чешће јавља од алергије на рижу. Случајеви тешких алергијских реакција на хељду, како наводе ови истраживачи, били су ријетки.

Остала псеудожита, тј. сјеменке штира, киноа и чија сјеменки, сматрају се безбједним алтернативама, а алергијске реакције су пријављене само у ријетким случајевима. Cárdenas-Torres и сар. (2019) извјештавају да је током испитивања албуминска фракција штира изазвала значајан IgE имунолошки одговор, који је код BALB/с мишева био много слабији од одговора на овалбумин из бјелањка кокошијег јајета. Аутори су закључили да је штир хипоалерген и да се одговарајућим поступцима обраде (на примјер, екструзија) његова алергеност може елиминисати. На тај начин штир може бити адекватна замјена за алергене пшеницу и соју (Cárdenas-Torres и сар. 2019).

Након прегледа 14 клиничких испитивања, Fateh и сар. (2024) наводе да чија сјеменке имају утицај на здравље људи и то:

- **триглицериди**: значајно смањење уочено је код људи који су узимали високу дозу и код људи који су узимали ниску дозу чија сјеменки (WMD –8,69 mg/dL и –13,11 mg/dL, респективно).
- **LDL-C**: значајно смањење у групи која је узимала већу дозу (WMD –4,77 mg/dL).
- **систолни крвни притисак**: значајно смањење (WMD –2,78 mmHg) у групи која је узимала већу дозу у поређењу са контролном групом.

10.6. Утицај производа израђених од композитног брашна псеудожита на здравље

Како би смањили ризик од бројних болести и побољшали своје здравље, потрошачи све више траже храну која садржи здравствено корисне састојке. Псеудожита представљају алтернативу пшеничном брашну. Она обезбјеђују есенцијалне минерале (жељезо, калцијум и цинк), витамине и фито-хемикалије (фенолна једињења, флавоноиди, каротеноидни спојеви и пребиотици) (Poshadri и сар. 2023).

Псеудожита нуде бројне здравствене предности као функционална храна (Sofi и сар. 2022). Штир, хељда и киноа су псеудожита која промовишу

здравље и не садрже глутен, богати су храњивим материјама и здрави састојци за производњу функционалне хране без глутена (Ferreira и сар. 2022; Yeşil и Levent 2022). Осигуравајући храњиве материје, пребиотице, фитохемикалије и антиоксидансе, композитна храна на бази псеудожита корисна је за лијечење болести повезаних са здрављем, потхрањености и целијакије.

Композитна брашна штира мијешају се са другим врстама брашна и користе се за производњу прехранбених производа богатих протеинима, укључујући грицкалице на бази житарица, пекарске производе и тјестенину (Beitane и Marisheva 2023). Оптимизација технолошких процеса у производњи квалитетних производа без глутена зависи од избора и односа псеудожита богатих храњивим материјама.

Martinez-Villaluenga и сар. (2020) анализирали су неколико раније проведених истраживачких студија на животињама и испитивања на људима. На основу њихове анализе, у Таб. 10.2 дат је приказ повезаности уноса псеудожита или њихових биоактивних састојака са користима за спречавање високог притиска и гојазности, смањење ризика од високог садржаја холестерола, дијабетеса и кардиоваскуларних болести.

Упркос добром саставу и пожељним својствима псеудожита, научни докази који подржавају здравствене тврдње у *in vivo* моделима су и даље ограничени и потребно је наставити истраживања.

Таб. 10.2. Здравствене предности псеудожита показаних на моделима проведеним током истраживања на животињама и људима (адаптирано према: Martinez-Villaluenga и сар. 2020; Reddy и сар. 2024)

Table 10.2. Health benefits of pseudocereals demonstrated in animal and human models (Adapted from Martinez-Villaluenga et al. 2020; Reddy et al. 2024)

Псеудожито	Циљ модела	Уочени исходи
Штир	Хипертензија	– Смањење крвног притиска
	Дијабетес	– Значајно побољшање толеранције глукозе – Повећање нивоа инсулина у плазми у акутним и хроничним студијама – Значајно побољшање толеранције на глукозу – Промјене нивоа инсулина у плазми
	Кардиоваскуларне болести	– Значајна индукција тестова згрушавања, тромбинског времена и активiranог парцијалног тромбопластинског времена
	Канцер	– Успоравање или спречавање раста ћелија рака – Ометање ацетилације хистона
	Гојазност	– Повећање дубине крипте цекума и број калцеиформних ћелија – Смањење броја <i>Ruminococcaceae</i> и <i>Lachnospiraceae</i> изазвано исхраном са високим удјелом масти – Индуковано повећање броја <i>Prevotellaceae</i>
	Целијакија	– Појачање имунолошког одговора тијела на антиген, као што је вакцина или инфективни агенс
Хељда	Дијета са високим садржајем масти	– Смањење нивоа укупног холестерола и TG у плазми – Промоција раста <i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> и <i>Enterococcus</i> – Инхибиција раста <i>E. coli</i> – Смањење нивоа фактора упале у плазми (LPS, TNF-α и IL-6) – Повећано излучивање укупних жучних киселина и кратколанчаних масних киселина у фецесу
	Хиперхолестеремија	– Повећано излучивање укупних жучних киселина и кратколанчаних масних киселина у фецесу
	Рак простате	– Инхибирање пролиферације PC-3 ћелија рака простате код људи
		– Стимулисање синтезе супстанци које помажу код смањења упала у тијелу

Псеудожито	Циљ модела	Уочени исходи
Киноа	Дијабетес типа 2	– Смањење нивоа инсулина, укупног холестерола и LDL холестерола
	Дијета богата фруктозом	– Значајно смањење нивоа укупног серумског, LDL холестерола и TG – Смањење нивоа глукозе и укупних протеина у плазми – Заустављање смањења нивоа HDL изазваног фруктозом
	Дијета са високим гликемијским индексом	– Смањење уноса хране, нивоа глукозе у крви и липида – Акумулација епидидималног масног ткива – Смањење инсулинског и гликемијског индекса
	Потхрањеност	– Повећање IGF-1 у плазми
	Високи садржај холестерола	– Избјегавање прекојерног пораста нивоа холестерола контролисањем односа синтезе холестерола и разградње – Побољшање излучивања свих жучних киселина јетреним CYP7A1 (холестерол 7 алфа-хидроксилаза) – Смањење нивоа цријевног NPC1L1 (Niemann-Pick C1-Like 1) и ацетил-трансферазе AC2-Co-2 ABCG5/8 за спречавање апсорпције холестерола из хране
	Кардиоваскуларне болести	– Смањење нивоа укупног и LDL холестерола и TG – Нема значајног смањења нивоа глукозе у крви, тјелесне масе и крвног притиска
	Постменопауза	– Значајно смањење нивоа TG, TBARS и витамина Е у серуму – Повећано излучивање ентеролигнана у урину – Смањење нивоа укупног и LDL холестерола – Повећање нивоа GSH
	Канцер	– Запажена су јака антиоксидативна својства и својства уклањања слободних радикала
	Гојазност	– Нема промјена у саставу тијела, уносу нутријената и нивоу укупног LDL и HDL холестерола – Смањење преваленције метаболичког синдрома
	Кардиоваскуларне болести	– Модификација одговора глукозе – Минимални ефекти на друге биомаркере кардиоваскуларног ризика (LDL холестерол)
	Целијакија	– Појачање имунолошког одговора тијела на антиген, као што је вакцина или инфективни агенс

10.7. Закључак

Псеудожита представљају алтернативу пшеничном брашну у изради нових облика хране. Она обезбјеђују есенцијалне минерале (жељезо, калцијум и цинк), витамине и фитохемикалије (фенолна једињења, флавоноиди, каротеноидни спојеви и пребиотици).

Ова жита нуде бројне здравствене предности као функционална храна. Штир, хељда и киноа су псеудожита која промовишу здравље и не садрже глутен, богата су храњивим материјама и здрави су састојци за производњу функционалне хране без глутена. Осигуравајући храњиве материје, пребиотице, фитохемикалије и антиоксидансе, композитна храна на бази псеудожита корисна је за лијечење одређених болести, потхрањености и целијакије.

Истраживања чији резултати су објављени у најновијим радовима показала су да редовно конзумирање сјеменки, брашна и других производа на бази псеудожита има хипохолестеролемично, противупално, антиреуматично, антиоксидативно, антидијабетичко, аналгетичко, антиеметичко, антимаљаријско и лаксативно дјеловање. Осим тога, конзумирање штира, хељде, чије и коное побољшава апетит, смањује садржај слободних масних киселина, побољшава функцију кардиоваскуларног система, дјелује антилепротично и помаже људима код хипертензије.

Литература

- Agarwal A, Rizwana, Tripathi, AD, Kumar T, Sharma KP, Patel SKS (2023) Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds. *Antioxidants* 12(7):1413. <https://doi.org/10.3390/antiox12071413>
- Aderibigbe OR, Ezekiel OO, Owolade SO, Korese JK, Sturm B, Hensel O (2020) 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* 62:656–669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>
- Amit S, Irfan AM, Gaurav S, Nalini T, Sarmad M (2021) A review on medicinal and pharmaceutical importance of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Res J Pharm Technol* 14(3):1779–1784. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2021.00316.4>
- Baraniak J, Kania-Dobrowolska M (2022) The dual nature of amaranth-functional food and potential medicine. *Foods*, 11(4):618. <https://doi.org/10.3390/foods11040618>
- Beitane I, Marisheva A (2023) The potential of amaranth as a basic raw material for the production of pasta for a vegan diet. *Appl Sci* 13(6):3944. <https://doi.org/10.3390/app13063944>
- Berti C, Riso P, Brusamolino A, Porrini M (2005) Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. *Br J Nutr* 94(5):850–858. <https://doi.org/10.1079/bjn20051563>
- Valenzuela Zamudio F, Segura Campos MR (2022) Amaranth, quinoa and chia bioactive peptides: A comprehensive review on three ancient grains and their potential role in management and prevention of type 2 diabetes. *Crit Rev Food Sci Nutr* 62(10):2707–2721. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1857683>

- Vilcacundo R, Martínez-Villaluenga C, Hernandez-Ledesma B (2017) Release of dipeptidyl peptidase IV, α -amylase and α -glucosidase inhibitory peptides from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during in vitro simulated gastrointestinal digestion. J Funct Foods 35:531–539. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.024>
- Gimenez-Bastida JA, Hamdi S, Llopis JML (2017) Nutritional and Health Implications of Pseudocereal Intake. Pseudocereals (Chem Technol) 1:217–232. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch10>
- Gomez-Cardona EE, Hernandez-Domínguez EE, Huerta-Ocampo JA, Jimenez-Islas H, Díaz-Gois A, Velarde-Salcedo AJ, Barrera-Pacheco A., Goni-Ochoa A, de la Rosa APB (2017) Effect of amaranth consumption on diabetes-related biomarkers in patients with diabetes. Diabetes Obes Metab Disord 3:5–10.
- Guo H, Hao Y, Richel A, Everaert N, Chen Y, Liu M et al.(2020) Antihypertensive effect of quinoa protein under simulated gastrointestinal digestion and peptide characterization. J Sci Food Agric 100(15):5569–5576. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10609>
- Gupta A (2020) Emerging applications of lectins in cancer detection and biomedicine. Mater Today Proc 31:651–661. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.810>
- Dabija A, Ciocan ME, Chetrariu A, Codina GG (2022) Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. Plants 11:756. <https://doi.org/10.3390/plants11060756>
- De Arcangelis E, Cuomo F, Trivisonno MC, Marconi E, Messia MC (2020) Gelatinization and pasta making conditions for buckwheat gluten-free pasta. J Cereal Sci 95:103073. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103073>
- Deng Y, Lim J, Lee GH, Nguyen TTH, Xiao Y, Piao M, Kim D (2019) Brewing rutin-enriched lager beer with buckwheat malt as adjuncts. J Microbiol Biotechnol 29(6):877–886. <https://doi.org/10.4014/jmb.1904.04041>
- Dinu M, Ghiselli L, Whittaker A, Pagliai G, Cesari F, Fiorillo C, Becatti M, Marcucci R, Benedettelli S, Sofi F (2017) Consumption of buckwheat products and cardiovascular risk profile: a randomized, single-blinded crossover trial. Nutr Metab Cardiovasc Dis 27(1):e20–e21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2016.11.054>
- Dong S, Yang X, Zhao L, Zhang F, Hou Z, Xue P (2020) Antibacterial activity and mechanism of action saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks against foodborne pathogenic bacteria. Ind Crops Prod 149:112350. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112350>
- Espinosa-Hernandez E, Morales-Camacho JI, Fernandez-Velasco DA, Benítez-Cardoza CG, de Fatima Rosas-Cardenas, F, Luna-Suarez S (2019) The insertion of bioactive peptides at the C-terminal end of an 11S globulin changes the structural stability and improves the antihypertensive activity. Electron J Biotechnol, 37:18–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.001>
- Živkovic A, Polak T, Cigic B, Požrl T (2021) Germinated Buckwheat: Effects of Dehulling on Phenolics Profile and Antioxidant Activity of Buckwheat Seeds. Foods 10:740. <https://doi.org/10.3390/foods10040740>
- Zhang H, Tsao R (2016) Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. Curr Opin Food Sci 8:33–42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002>
- Zheng Y, Wang X, Zhuang Y, Li Y, Tian H, Shi P, Li G (2019) Isolation of novel ACE-inhibitory and antioxidant peptides from quinoa bran albumin assisted with an in silico approach: Characterization, in vivo antihypertension, and molecular docking. Molecules 24(24):45–62. <https://doi.org/10.3390/molecules24244562>

- Zhou XL, Chen ZD, Zhou YM, Shi RH, Li ZJ (2019) The effect of tartary buckwheat flavonoids in inhibiting the proliferation of MGC80-3 cells during seed germination. *Molecules* 24(17):3092. <https://doi.org/10.3390/molecules24173092>
- Zhou XL, Yan B., Xiao Y, Zhou YM, Liu TY (2018) Tartary buckwheat protein prevented dyslipidemia in high-fat diet-fed mice associated with gut microbiota changes. *Food Chem Toxicol* 119:296–301. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.052>
- Zhou Y, Jiang Y, Shi R, Chen Z, Li Z, Wei Y, Zhou X (2020) Structural and antioxidant analysis of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tartaricum gaertn.*) 13S globulin. *J Sci Food Agric* 100(3):1220–1229. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10133>
- Zhou Y, Zhao S, Jiang Y, Wei Y, Zhou X (2019) Regulatory function of buckwheat-resistant starch supplementation on lipid profile and gut microbiota in mice fed with a high-fat diet. *J Food Sci* 84(9):2674–2681. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14747>
- Zhu F (2020) Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions, and food uses. *Carbohydr Polym* 248:116819. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116819>
- Zhu F (2021) Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications. *Trends Food Sci Technol* 110:155–167. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.081>
- Zou L, Wu D, Ren G, Hu Y, Peng L, Zhao J, Garcia-Perez P, Carpena M, Prieto MA, Cao H, Cheng K-W, Wang M, Simal-Gandara J, John OD, Rengasamy KRR, Zhao G, Xiao J (2021) Bioactive compounds, health benefits, and industrial applications of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Crit Rev Food Sci Nutr* 63(5):657–673. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1952161>
- Iglesias-Puig E, Monedero V, Haros M (2015) Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT Food Sci Technol* 60:71–77. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.045>
- Jaime L, Mollá E, Fernández A, Martín-Cabrejas MA, López-Andréu FJ, Esteban RM (2001) Structural carbohydrate differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues. *J Agric Food Chem* 50:122–128. <https://doi.org/10.1021/jf010797t>
- 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>
- Karimi N, Zeynali F, Rezazad Bari M, Nikoo M, Mohtarami F, Kadivar M (2021) Amaranth selective hydrolyzed protein influence on sourdough fermentation and wheat bread quality. *Food Sci Nutr* 9:6683–6691. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2618>
- Kamal H, Mudgil P, Bhaskar B, Fisayo AF, Gan C-Y, Maqsood S (2021) Amaranth proteins as potential source of bioactive peptides with enhanced inhibition of enzymatic markers linked with hypertension and diabetes. *J Cereal Sci* 101:103308. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103308>
- 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):10035. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100351>
- Kehinde BA, Sharma P (2020) Recently isolated antidiabetic hydrolysates and peptides from multiple food sources: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 60(2):322–340. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1528206>

- Knez Hrnčić M, Ivanovski M, Cor D, Knez Ž (2020) Chia seeds (*Salvia Hispanica L.*): An overview—Phytochemical profile, isolation methods, and application. *Molecules* 25(1):11. <https://doi.org/10.3390/molecules25010011>
- Lee DG, Jang IS, Yang KE, Yoon SJ, Baek S, Lee JY, Suzuki T, Chung K-Y, Woo S-H, Choi JS (2016) Effect of rutin from tartary buckwheat sprout on serum glucose-lowering in animal model of type 2 diabetes. *Acta Pharm* 66 (2):297–302. <https://doi.org/10.1515/acph-2016-0021>
- Li C, Li W, Zhang Y, Simpson BK (2020) Comparison of physicochemical properties of recombinant buckwheat trypsin inhibitor (rBTI) and soybean trypsin inhibitor (SBTI). *Protein Expr Purif* 171:105614. <https://doi.org/10.1016/j.pep.2020.105614>
- Li F, Zhang X, Li Y, Lu K, Yin R, Ming J (2017) Phenolics extracted from tartary (*Fagopyrum tartaricum L. gaerth*) buckwheat bran exhibit antioxidant activity, and an antiproliferative effect on human breast cancer MDA-MB-231 cells through the p38/MAP kinase pathway. *Food Funct* 8(1):177–188. <https://doi.org/10.1039/c6fo01230b>
- Li J, Cui X, Ma X, Li C, Wang Z (2019) Recombinant buckwheat trypsin inhibitor improves the protein and Mitochondria homeostasis in *Caenorhabditis elegans* model of aging and age-related disease. *Gerontology* 65(5):513–523. <https://doi.org/10.1159/000500156>
- Liu J, Wang Z, Wang Z, Hao Y, Wang YU, Yang Z, Li W, Wang J (2020) Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa willd*). *J Cereal Sci* 95:103045. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103045>
- Luo X, Fei Y, Xu Q, Lei T, Mo X, Wang Z, Zhang L, Mou X, Li H (2020) Isolation and identification of antioxidant peptides from tartary buckwheat albumin (*Fagopyrum tataricum gaertn.*) and their antioxidant activities. *J Food Sci* 85(3):611–617. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15004>
- Luthar Z, Golob A, Germ M, Vombergar B, Kreft I (2021) Tartary Buckwheat in Human Nutrition. *Plants* 10(4):700. <https://doi.org/10.3390/plants10040700>
- Ma G, Jin Y, Plao J, Kok F, Guusie B, Jacobsen E (2005) Phytate, calcium, iron, and zinc contents and their molar ratios in foods commonly consumed in China. *J Agric Food Chem* 53:10285–10290. <https://doi.org/10.1021/jf052051r>
- Martinez-Lopez A, Millan-Linares MC, Rodriguez-Martin NM, Millan F, Montserrat-de la Paz S (2020) Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*). *J Funct Foods* 65:103735. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>
- Martinez-Villaluenga C, Penas E, Hernandez-Ledesma B (2020) Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food Chem Toxicol* 137:111178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Matejčková Z, Liptáková D, Valík L (2016) Evaluation of the potential of amaranth flour for lactic acid fermentation. *J Pharm Nutr Sci* 6(1):1-6. <http://dx.doi.org/10.6000/1927-5951.2016.06.01.1>
- McGough N, Cummings JH (2005) Coeliac disease: A diverse clinical syndrome caused by intolerance of wheat, barley and rye. *Proc Nutr Soc* 64(4):434–450. <https://doi.org/10.1079/pns2005461>
- Miranda-Ramos KC, Haros C M (2020) Combined effect of chia, quinoa and amaranth incorporation on the physico-chemical, nutritional and functional quality of fresh bread. *Foods* 9(12):1859. <https://doi.org/10.3390/foods9121859>

- Miranda-Ramos KC, Sanz-Ponce N, Haros CM (2019) Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour. LWT - Food Sci Technol 114:108418. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108418>
- Mohamed DA, Fouda KA, Mohamed RS (2019) In vitro anticancer activity of quinoa and safflower seeds and their preventive effects on non-alcoholic fatty liver. Pak J Bio Sci 22(8):383–392. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2019.383.392>
- Mudgil P, Omar LS, Kamal H, Kilari BP, Maqsood S (2019) Multi-functional bioactive properties of intact and enzymatically hydrolysed quinoa and amaranth proteins. LWT-Food Sci Technol 110:207–213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.084>
- Nandan A, Koirala P, Tripathi DA, Vikranta U, Shah K, Gupta JA, Aparna A, Nilesh N (2024) Nutritional and functional perspectives of pseudocereals. Food Chem 448:139072. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139072>
- Ng CY, Wang M (2021) The functional ingredients of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and physiological effects of consuming quinoa: A review. Food Front 2(3):329–356. <http://dx.doi.org/10.1002/fft2.109>
- Norback D, Wieslander G (2021) A review on epidemiological and clinical studies on buckwheat allergy. Plants 10(3):607. <https://doi.org/10.3390/plants10030607>
- Orsango AZ, Loha E, Lindtjørn B, Engebretsen IMS (2020) Efficacy of processed amaranth-containing bread compared to maize bread on hemoglobin, anemia and iron deficiency anemia prevalence among two-to-five year-old anemic children in Southern Ethiopia: a cluster randomized controlled trial. PLoS One 15(9):e0239192. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239192>
- 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>
- Poshadri A, Deshpande HW, Machewad GM, Kshirsagar RB, Gadhe KS, Kadam SD (2023) Functional properties of selected composite gluten-free pseudocereals flour. Food Hum 1:1200–1205. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.09.015>
- Reddy KVM, Dubey KP, Mishra AA, Sabeel VA (2024) Potential processing techniques for safe utilisation of pseudo cereals in the food system. J Food Compos Anal 135:106609. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106609>
- Rivero Meza SL, Hirsch Ramos A, Canizares L, Raphaelli CDO, Bueno Peres B, Gaioso CA, Egea I, Estrada Y, Flores FB, de Oliveira M (2023) A review on amaranth protein: Composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. Int J Food Sci Technol 58(3):1564–1574. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.16056>
- Ruth ON, Unathi K, Nomali N, Chinsamy M (2021) Underutilization Versus Nutritional-Nutraceutical Potential of the Amaranthus Food Plant: A Mini-Review. Appl Sci 11:6879. <https://doi.org/10.3390/app11156879>
- Saadh JM, Abosaoda KM, Baldaniya L, Kalia R, Arya R, Mishra S, Singh AC, Kumar A, Alizadeh M (2024) The Effects of Čija Seed (*Salvia hispanica* L.) Consumption on Blood Pressure and Body Composition in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. Clin Ther 47:168–175. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2024.11.012>
- Sabbione AC, Suarez S, Anon MC, Scilingo A. (2019) Amaranth functional cookies exert potential antithrombotic and antihypertensive activities. Int J Food Sci Technol 54(5):1506–1513. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13930>

- Salas-Salvadó J, Bulló M, Pérez-Heras A, Ros E (2006) Dietary fibre, nuts and cardiovascular diseases. *Br J Nutr* 45–51. <https://doi.org/10.1017/bjn20061863>
- Shi Z, Hao Y, Teng C, Yao Y, Ren G (2019) Functional properties and adipogenesis inhibitory activity of protein hydrolysates from quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*). *Food Sci Nutr* 7(6):2103–2112. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1052>
- Sisti MS, Scilingo A, Anon MC (2019) Effect of the incorporation of amaranth (*Amaranthus mantegazzianus*) into fat-and cholesterol-rich diets for Wistar rats. *J Food Sci*, 84(11):3075–3082. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14810>
- Siwath M, Yadav RB, Yadav BS (2019) Chemical, physicochemical, pasting and microstructural properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) flour as affected by different processing treatments. *Qual Assur Saf Crops Foods* 11:3–13. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1226>
- Sofi SA, Ahmed N, Farooq A, Rafiq S, Zargar SM, Kamran F, Dar TA, Mir SA, Dar BN, Mousavi Khaneghah A (2022) Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Sci Nutr* 11(5):2256–227. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3166>
- Tang Y, Tsao R (2017) Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review. *Mol Nutr Food Res* 61(7):1600767. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>
- Taniya MS, Reshma MV, Shanimol PS, Krishnan G, Priya S (2020) Bioactive peptides from amaranth seed protein hydrolysates induced apoptosis and antimigratory effects in breast cancer cells. *Food Biosci* 35:100588. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100588>
- Thakur P, Kumar K, Dhaliwal HS (2021b) Nutritional facts, bio-active components and processing aspects of pseudocereals: A comprehensive review. *Food Biosci* 42:101–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101170>
- Thakur P, Kumar K, Dhaliwal SH (2021a) Nutritional facts, bio-active components and processing aspects of pseudocereals: A comprehensive review. *Food Biosci* 42:101170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101170>
- Tucker KL (2020) The role of diet in chronic disease. *Present Knowledge in Nutrition*. Elsevier pp. 329–345. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818460-8.00018-6>
- Ugural A, Akyol A (2022) Can pseudocereals modulate microbiota by functioning as probiotics or prebiotics? *Crit Rev Food Sci Nutr* 62(7):1725–1739. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1846493>
- Usman M, Patil JP, Mehmood A, Rehman A, Shah H, Haider J, Xu K, Zhang C, Li X (2022) Comparative evaluation of pseudocereal peptides: A review of their nutritional contribution. *Trends Food Sci Technol* 122:287–313. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.009>
- 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(2):239–244. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000040>
- Fateh LH, Ahmed HD, Najafabadi SM, Moludi J (2024) The impact of chia seeds on diabetes, blood pressure, lipid profile, and obesity indicators: Systematic review and meta-regression analysis of 14 randomized controlled trials. *Prostaglandins and Other Lipid Mediat* 175:106907. <https://doi.org/10.1016/j.prostaglandins.2024.106907>

- Ferreira DS, Barbosa Rocha JC, Arellano DB, Lima Pallone JA (2022) Discrimination of South American grains based on fatty acid. *Qual Assur Saf Crops Foods* 14(3):30–42. <https://doi.org/10.15586/qas.v14i3.1064>
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (2005) Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington, DC: National Academy Press.
- Hou Z, Hu Y, Yang X, Chen W (2017) Antihypertensive effects of Tartary buckwheat flavonoids by improvement of vascular insulin sensitivity in spontaneously hypertensive rats. *Food Funct* 8:4217–4228. <https://doi.org/10.1039/C7FO00975E>
- Hwang D, Kang MJ, Kang CW, Kim GD (2019) Kaempferol-3-O- β -rutinoside suppresses the inflammatory responses in lipopolysaccharide-stimulated RAW264. 7 cells via the NF- κ B and MAPK pathways. *Int J Mol Med* 44(6):2321–2328. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2019.4381>
- Capraro J, De Benedetti S, Di Dio M, Bona E, Abate A, Corsetto PA, Scarafoni A (2020) Characterization of chenopodin isoforms from quinoa seeds and assessment of their potential anti-inflammatory activity in caco-2 cells. *Biomolecules* 10(5):795. <https://doi.org/10.3390/biom10050795>
- Cardenas-Torres FI, Reyes-Moreno C, Vergara-Jimenez MDJ, Cuevas-Rodríguez EO, Milan-Carrillo J, Gutierrez-Dorado R, Aramburo-Galvez JG, Ontiveros N, Cabrera-Chavez F (2019) Assessing the sensitizing and allergenic potential of the albumin and globulin fractions from amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) grains before and after an extrusion process. *Medicina* 55(3):72. <https://doi.org/10.3390/medicina55030072>
- Chettry U, Chrungoo NK (2021) Beyond the Cereal Box: Breeding Buckwheat as a Strategic Crop for Human Nutrition. *Plant Foods Hum Nutr* 76(4):399–409. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00930-7>
- Chirinos R, Pedreschi R, Velasquez-Sanchez M, Aguilar-Galvez A, Campos D (2020) In vitro antioxidant and angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of enzymatically hydrolyzed quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) proteins. *Cereal Chem*, 97(5):949–957. <https://doi.org/10.1002/cche.10317>
- Wang Y, Sanchez-Velazquez OA, Martínez-Villaluenga C, Goycoolea FM, Hernandez-Alvarez AJ (2023b). Effect of protein extraction and fractionation of chia seeds grown in different locations: Nutritional, antinutritional and protein quality assessment. *Food Biosci* 56:103238. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103238>
- Wiederstein M, Baumgartner S, Lauter K (2023) Soybean (*Glycine max*) allergens-a review on an outstanding plant food with allergenic potential. *ACS Food Sci Technol* 3(3):363–378. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00380>
- Yang Y, Fukui R, Jia H, Kato H (2021) Amaranth supplementation improves hepatic lipid dysmetabolism and modulates gut microbiota in mice fed a high-fat diet. *Foods* 10(6):1259. <https://doi.org/10.3390/foods10061259>
- Yesil S, Levent H (2022) The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT-Food Sci Technol*, 160:113301. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113301>

Nutritional and health benefits of consuming pseudocereals

Radoslav Grujić, Mithat Jašić

Summary

Components from pseudocereals have the potential to help prevent some chronic diseases. Since they do not contain gluten, pseudocereals are suitable for the diet of people with celiac disease. This chapter reviews the latest research on the potential effects of ingredients from amaranth, quinoa, chia, and buckwheat on human health. The review focuses on the nutritional values and health benefits of these pseudocereals.

Keywords: Pseudocereals, Nutritional Value, Health Impact