

# IZHODIŠČA ZA RAZISKAVE UČINKOV FLAVONOIDOV, TANINOV IN SKUPNIH BELJAKOVIN V FRAKCIJAH ZRN NAVADNE AJDE (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) IN TATARSKE AJDE (*FAGOPYRUM TATARICUM* GAERTN.)

## STARTING POINTS FOR THE STUDY OF THE EFFECTS OF FLAVONOIDS, TANNINS AND CRUDE PROTEINS IN GRAIN FRACTIONS OF COMMON BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) AND TARTARY BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM TATARICUM* GAERTN.)

Blanka Vombergar<sup>\*1</sup>, Vida Škrabanja<sup>2</sup>, Zlata Luthar<sup>2</sup> & Mateja Germ<sup>2</sup>

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0031>

### IZVLEČEK

Izhodišča za raziskave učinkov flavonoidov, taninov in skupnih beljakovin v frakcijah zrn navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

V svetu in v Sloveniji uporabljamo za hrano predvsem dve vrsti ajde, navadno ajdo (*Fagopyrum esculentum*) in tatarsko ajdo (*Fagopyrum tataricum*). Zanimanje za ajdo se je povečalo zaradi njene prehranske vrednosti. Za razliko od žit, pri katerih primanjkuje lizina, so beljakovine ajde zelo kakovostne, s primerno aminokislinsko sestavo glede na potrebe ljudi. Poleg kakovostnih beljakovin je pomembna vsebnost flavonoidov (rutina in kvercetina), vsebnost mineralnih elementov, prehranskih vlaknin, pa tudi zmožnost uspevanja v mejnih območjih kmetijske pridelave. Eden od razlogov za priljubljenost pridelovanja ajde je odpornost ajde proti patogenom in boleznim ter uspešno tekmovalno z rasto plevelov. Torej je ajda primerna za ekološko pridelovanje. Ajdovo zrnje nima glutena, zato je varno za ljudi s celiakijo, ki lahko uživajo le brezglutensko hrano. Uporaba zrnja in moke tatarske ajde v prehrani se v novem času povečuje zaradi visoke vsebnosti rutina v primerjavi z navadno ajdo. Tatarsko ajdo so vsaj 200 let že pridelovali v Sloveniji, se je pa pridelovanje prenehalo v drugi polovici 20. stoletja. V nekaterih predelih Bosne in Hercegovine ter v mejnem območju Islek (severni Luksemburg, Westeifel v Nemčiji in obmejno območje Belgije) so bila še nedavno edina območja v Evropi s pridelavo tatarske ajde za prehrano ljudi. V zadnjih desetih letih se pridelovanje tatarske ajde vrača tudi v Slovenijo.

### ABSTRACT

Starting points for the study of the effects of flavonoids, tannins and crude proteins in grain fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.)

Two species of buckwheat are mainly used around the world and in Slovenia: common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*).

The renewed interest in buckwheat is based on its nutritional value. Unlike cereals, which are deficient in lysine, buckwheat has excellent protein quality due to a balanced essential amino acid composition. Emphasised are the high protein quality, the concentration of flavonoids (rutin and quercetin), mineral elements and dietary fibre, and the ability to grow in marginal areas. One of the reasons for its popularity is the relative resistance of buckwheat to pest and diseases, and the ability to repress weeds. Buckwheat is thus suitable for ecological cultivation. It does not contain gluten proteins, so it is safe for people who require gluten-free diet (coeliac disease). Tartary buckwheat grain and flour are recently increasingly used in preparing dishes due to its even much higher content of rutin in comparison with common buckwheat. Tartary buckwheat has been cultivated to some extent in Slovenia for centuries, but this ceased before the end of the 20<sup>th</sup> century. Some parts of Bosnia and Herzegovina, and the cross-border region Islek - which includes northern Luxembourg, the Westeifel, (Germany) and the border area of the of Belgium - was, not so long ago, the only places in Europe where Tartary buckwheat was still grown

<sup>1</sup> Izobraževalni center Piramida Maribor, Park mladih 3, SI-2000 Maribor, \*blanka.vombergar@guest.arnes.si

<sup>2</sup> Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

Ajda je pomembna rastlina v prehrani in pri prehranskih navadah v Sloveniji in prav tako v drugih državah srednje Evrope in Azije. V članku je podan pregled podatkov v znanstvenih objavah, ki so pomembna izhodišča za raziskave vsebnosti flavonoidov, taninov in beljakovin v zrnju navadne in tatarske ajde.

**Ključne besede:** ajda, proteini, flavonoidi, zdravje, vrednotenje

for humans. In the last 10 years, Tartary buckwheat has been returning to Slovenian fields. Buckwheat is an important plant and a dish in the cuisine and dietary habits of Slovenians and many other nations, including those of Central Europe and Asia. In the paper, based on the published scientific data, relevant starting points for the study and improvement of content of flavonoids, tannins and crude proteins in grain of common and Tartary buckwheat are presented.

**Key words:** buckwheat, proteins, flavonoids, health, evaluation

## 1 UVOD

### 1.1 Splošno o ajdi

Znanih je več vrst ajde, najpogostejši vrsti v pridelavi, predelavi in uporabi sta navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) in tatarska ajda (*F. tataricum* Gaertn.). Navadna ajda je tujeprašnica, medtem ko je tatarska ajda samoprašna rastlina. Navadna ajda je tradicionalna poljščina srednje in vzhodne Evrope ter Azije. Ajda raste in se tudi načrtno prideluje v državah Azije, Evrope, južne Afrike, v Kanadi, ZDA, Braziliji in tudi v mnogih drugih predelih v svetu. Predvsem v azijskem delu je poleg navadne prisotna tudi tatarska ajda ter več divjih vrst. Tatarska ajda je omejena predvsem na območja Kitajske, Butana, Koreje, Himalaje, severnega Pakistana in vzhodnega Tibeta (OHNISHI 2004) ter na nekatera druga območja Azije. Največja regija, kjer se ajda prideluje, so južne province Kitajske na okoli 40000 ha površine (okoli 25 % celotne površine pridelovanja tatarske ajde na Kitajskem), tudi na 1200 do 3000 m nadmorske višine (WANG in sod. 2001). Na Kitajskem pridelujejo navadno ajdo na 1,5–2 milijonih ha njiv ter tatarsko ajdo na 1,0–1,5 milijonih ha (ZHAO in sod. 2004a).

Znanih je več kot 800 sort in populacij tatarske ajde (WANG in sod. 2001). Zelo zgodnjih sort z manj kot 70-dnevno vegetacijsko dobo je okoli 10 %, s srednje dolgo vegetacijsko dobo (70–90 dni) okoli 60 % ter z dolgo vegetacijsko dobo (nad 90 dni) okoli 30 %. Običajno se ajda seje spomladi na višjih nadmorskih višinah, jeseni pa na nižjih nadmorskih višinah. Vremenske razmere na južnem Kitajskem so dovolj ugodne za uspevanje ajde, količinski pridelki pa so nižji kot v severni Kitajski. Na splošno ugotavljajo, da je tatarska ajda, ki je rasla na višjih nadmorskih višinah, okusnejša kot ajda, ki je rasla na nižjih nadmorskih višinah (WANG in sod. 2001).

Pridelovanje tatarske ajde, imenovane tudi zelena, grenka ajda ali cojzla, so v Sloveniji v zadnjih petdesetih letih opustili. Kljub temu pa se posamezniki spominjajo

vsaj omejenega gojenja tatarske ajde še pred 30 leti na Dolenjskem v Radohovi vasi, na Gorenjskem v dolini Krme in na Koroškem na Tolstem vrhu (KREFT 2009).

Zrnye tatarske ajde uživajo predvsem v ekstenzivni pridelavi na JV Kitajske (BRIGGS in sod. 2004) in Sichuanu, Kitajska. Njena popularnost v prehrani narašča (BIAN in sod. 2004), prav tako pa se v literaturi tradicionalno omenja tudi njena medicinsko terapevtska vrednost (MA in sod. 2001, YASUDA 2001, ZHAO in sod. 2001, 2004a). Glavne sestavine, ki imajo zdravstveno prehransko vrednost, so flavonoidi, glavni predstavnik je rutin. Tatarska ajda lahko vsebuje bistveno več rutina kot navadna ajda, lahko tudi do stokrat več (BRIGGS in sod. 2004, PARK in sod. 2004). Prav te lastnosti zrnje tatarske ajde uvrščajo med nutraceutike.

V Sloveniji ima ajda svojo gastronomsko in kulturno tradicijo, skozi zgodovino pa se je njen pomen v prehrani ljudi spreminjal. Predvsem v zadnjem obdobju se povečuje povpraševanje po njej kot alternativni poljščini z možnim ekološkim pridelovanjem, nadalje kot druge poljščine v istem letu ter zaradi ugodne sestave. Tradicionalne jedi v Sloveniji so kaše in jedi iz moke (KREFT 1995).

Prehranska kakovost in tudi druge tehnološke ter zdravstvene lastnosti ajde kažejo na vedno večjo popularnost ajde v prehrani. Ajde dandanes v sodobnem svetu ne uživajo več zgolj zaradi lakote, ampak zaradi dobrega in drugačnega okusa, ponudbe raznovrstnih zanimivih živil in jedi, zaradi tradicionalnih vrednot, in predvsem zdravstvenih razlogov (KREFT 1989, 2001, 2003).

Za jedi, vključno z ajdovimi jedmi, je pomembna tudi okusnost in sprejemljivost (K. IKEDA 1997, K. IKEDA in sod. 2001, K. IKEDA & S. IKEDA, 2003). Rezance lahko pripravljajo iz različnih mlevskih frakcij ajdovih mok, lahko iz polnovrednih mok, najpogosteje iz mok iz notranjih delov zrna. Na Japonskem postajajo v zadnjem času popularni rezanci iz 'pravkar požehtih ajdovih zrn', 'pravkar zmlete ajdove moke', 'sveže

pripravljene testenine', 'sveže kuhani rezanci', itd. Vsi ti postopki lahko močno vplivajo na okusnost. Pomembno vlogo pri mehanskih lastnostih rezancev pa prispevajo tudi endogene beljakovine in škrob, ki so v mlevskih frakcijah v različnih količinah (K. IKEDA in sod. 2001).

## 1.2 Prehranska vrednost ajde

Zrnje ajde vsebuje visok odstotek beljakovin, škroba, vitaminov in mineralov. Ajda vsebuje esencialne hranilne snovi, kot so beljakovine (EGGUM 1980, EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, JAVORNIK 1983, 1986, K. IKEDA in sod. 1991) in mineralne snovi (S. IKEDA & YAMASHITA 1994, S. IKEDA in sod. 2004) v sorazmerno visokih količinah. V zadnjem času pa predvsem prisotnost rutina oziroma flavonoidov v ajdi spodbuja proizvajalce in potrošnike k pripravi in uživanju raznovrstnih jedi iz ajde. Širi se ponudba izdelkov in ajdovih jedi. Ajda je pomembno funkcijsko živilo, lahko se dodaja tudi FFrazličnim vrstam kruhov in drugim vrstam živil kot dodatek z namenom izboljšanja prehranske vrednosti živila (KREFT in sod. 1996, ŠKRABANJA in sod. 2001, KREFT 2003, MERENDINO in sod. 2014).

Ajda je prepoznana kot pomemben visokokakovosten prehranski vir, saj je bogata z visokovrednimi beljakovinami, ki vsebujejo vse esencialne aminokisline v ugodnem razmerju, in je tudi bogata z esencialnimi maščobnimi kislinami (EGGUM in sod. 1981, STEADMAN in sod. 2001a).

Ajda vsebuje okoli 9–15 % beljakovin, okoli 1,6–3,25 % maščob in 65–75 % škroba oziroma nevlakninskih ogljikovih hidratov, 4,3–5 % vlaknin in 1,8–2,2 % pepela (BONAFACCIA in sod. 1994, KIM in sod. 2001bc, PIAO & LI 2001, ZHAO in sod. 2001, K. IKEDA 2002, LEE in sod. 2004, LIN 2004, ZHAO in sod. 2004a, FESSAS in sod. 2008, HATCHER in sod. 2008).

ZHAO in sod. (2004b) poročajo o razlikah v kemijski sestavi treh vrst ajd - divje ajde (*F. cymosum*), tatarske ajde (*F. tataricum*) in navadne ajde (*F. esculentum*). Vsebnost surovih beljakovin v ajdi *F. cymosum* je najvišja (12,5–13,1 %), v tatarski ajdi 11,5 %, v navadni pa najnižja (9,8 %). Vsebnost maščob je najvišja v tatarski ajdi (1,96 %), sledi *F. cymosum* (1,74–1,89 %), najnižja je v navadni ajdi (1,64 %).

MICHALOVÁ in sod. (2001) so primerjali sestavo in prehransko vrednost diploidne navadne ajde 'pyra' in tetraploidne navadne ajde 'emka', a niso ugotovili bistvenih razlik med njima v vsebnosti maščob (2,39–2,43 %) in pepela (2,18–2,21 %), nekoliko višja je vsebnost beljakovin pri tetraploidni ajdi (16,6 %) kot pri diploidni (15,4 %).

Vsebnost beljakovin je v tatarski ajdi višja kot pri navadni ajdi (LIN 2004). ZHAO in sod. (2001) so preučevali sestavo tatarske ajde in vsebnost hranilnih snovi primerjali z žiti. Ugotavljajo, da je vsebnost beljakovin v tatarski ajdi višja kot v pšenici, rižu in koruzi. Vsebnost surovih beljakovin v tatarski ajdi je od 11,5 do 14,6 %, medtem ko je vsebnost beljakovin v pšenični, riževi in koruzni moki od 7,8 do 9,9 %. Vsebnost škroba je v navadni ajdi višja (73,6 %) kot v tatarski ajdi (72,7 %), v treh raziskovanih vzorcih ajde *F. cymosum* pa je še nekoliko nižja (71,4–72,9 %). V vsebnosti surovih vlaknin ni velikih razlik (1,51–1,61 %).

O sestavi različnih kultivarjev tatarske ajde ('heifeng 1', 'quianwei 2', 'shouyang Gray') in njihovi prehranski vrednosti poročajo SHAN in sod. (2004). Kultivarji tatarske ajde vsebujejo 13,30–13,77 % beljakovin, 3,04–3,47 % maščob in 69,7–70,6 % škroba, kar se sklada z rezultati drugih avtorjev.

MICHALOVÁ in sod. (2001) ugotavljajo, da je manj kot 16 % razlik med diploidno in tetraploidno ajdo v vsebnosti pepela, maščob, beljakovin, vitamina B<sub>2</sub> ter mineralov: K, Ca, Mg, P, Zn, Fe, Mn, Cu; 16–30 % razlik v vitaminih B<sub>1</sub> in B<sub>6</sub> ter več kot 30 % razlik v vsebnosti rutina in natrija.

DVOŘÁČEK in sod. (2004) so ugotavljali vsebnost beljakovin v štirih kultivarjih navadne ajde ('pyra', 'emka', 'kara-dag' in 'gema') v treh različnih koledarskih letih in v zrnju ajde ugotovili 11,17–14,67 % surovih beljakovin. Vsebnost beljakovin se je razlikovala med sortami in tudi med leti pridelave, kar kaže na večplastno odvisnost.

Ajdova moka je vir visokovrednih beljakovin, ima ugodno razmerje aminokislin (EGGUM 1980, EGGUM in sod. 1981, S. IKEDA in sod. 2004) in je eno od redkih živil z izjemno visoko biološko vrednostjo beljakovin nad 90 (EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, KREFT in sod. 1994, ŠKRABANJA in sod. 2000). Beljakovine ajde vsebujejo vse esencialne aminokisline v ugodnem razmerju z relativno visoko vsebnostjo lizina, treonina, triptofana in arginina (EGGUM 1980, JAVORNIK 1980, 1983, EGGUM in sod. 1981, JAVORNIK in sod. 1981, POMERANZ 1983, K. IKEDA in sod. 1986).

Vsebnost surovih beljakovin v tatarski ajdi je 11,5–14,6 %; beljakovine ajde vsebujejo 20 aminokislin, med njimi tudi 8 esencialnih v zelo ugodnem razmerju (ZHAO in sod. 2001). Avtorji so preučili aminokislinsko sestavo treh različnih vzorcev ajd ter ugotovili nekoliko nižjo vsebnost lizina v tatarski ajdi kot v navadni in divji ajdi (ZHAO in sod. 2004a). O prisotnosti aminokisline selenometionin v navadni ajdi poročajo SMRKOLJ in sod. (2006) ter VOGRINČIČ in sod. (2009). Vsebnost beljakovin in razmerje aminokislin se razlikuje med mlevskimi frakcijami ajde.

Ajdova moka vsebuje visok delež globulinov, pa tudi precej albuminov; vsebnost glutelinov je nižja, ima pa tudi izjemno nizko vsebnost prolaminov (JAVORNIK in sod. 1981, STEADMAN in sod. 2001a) in jo zato uporabljajo kot brezglutensko moko. Beljakovine ajde imajo lastnosti rezistentnih (počasi prebavljivih ali neprebavljivih) beljakovin (K. IKEDA in sod. 1986, 1991). Nekateri avtorji poročajo o relativno nizki prebavljivosti beljakovin zaradi prisotnosti inhibitorjev, npr. inhibitorjev proteaz (K. IKEDA & KISHIDA 1993).

Globulini ajde (v solni raztopini topne beljakovine ajde) so sestavljeni iz šestih kislih in šestih bazičnih polipeptidov, ki so med seboj povezani z disulfidnimi vezmi. Na podlagi rezultatov topnosti se ugotavlja, da beljakovinski agregati niso nujno povezani s kovalentnimi vezmi. Globulini ajde imajo sposobnost vezanja vode in kažejo sposobnost tvorbe emulzije. Količina topnih beljakovin in njihova stopnja agregacije sta neodvisni od postopka luščenja ajde (FESSAS in sod. 2008). Sulfhidrilne in disulfidne skupine imajo pomembno vlogo v strukturi in reaktivnosti beljakovin kakor tudi v tehnoloških lastnostih (FESSAS in sod. 2008).

Ajda je lahko zaradi nizke vsebnosti prolaminov po kemijskih in imunoloških študijah vir dietnih beljakovin za posameznike, občutljive na gluten. Prav ta lastnost pomeni eno od pomembnih uporabnih vrednosti ajde in ajdove moke, saj lahko v celoti nadomesti pšenične in druge moke in se lahko uporablja za izdelke, ki so primerni za uživanje pri bolnikih s celiakijo (SKERRITT 1986). V izdelkih za ljudi s celiakijo ne sme biti niti sledov beljakovin glutena (WIESLANDER & NORBÄCK 2001a, SCHÖBER in sod. 2003, STØRSRUD in sod. 2003, WIJNGAARD & ARENDT 2006a, KRAHL in sod. 2008).

Vrste ogljikovih hidratov so pomembne v človekovi prehrani. Rezistentni ali počasi razgradljivi ogljikovi hidrati pomagajo uravnavati nivo glukoze v krvi. Uživanje različnih ogljikohidratnih živil, kot so riž, krompir, špageti, kruh, imajo za posledico različni odziv človekovega telesa oziroma različen nivo glukoze v krvi. Raziskovalci ugotavljajo povezavo med škrobno amilozo in inzulinom. Rezistentni škrob ima lahko podobne učinke kot topne vlaknine ter vpliva na znižanje holesterola in glukoze v krvi. Pojavlja se v več ajdovih izdelkih, predvsem v ajdovi kaši. Ajdova kaša se lušči po hidrotermičnih postopkih (pre-cooked). Če ajde za postopek luščenja ne obdelamo hidrotermično, je zrnje mnogo bolj krhko. S hidrotermično obdelavo zrnja, ki je del postopka luščenja ajde, pa se v ajdovi kaši pojavi tudi manj prebavljivega škroba (63–68 %), v primerjavi s pšeničnim belim kruhom (76 %) bistveno manj. Podrobne rezultate sta objavila ŠKRABANJA &

KREFT (1998) in ŠKRABANJA in sod. (1998). Počasi razgradljiv ali celo nerazgradljiv škrob v ajdovi kaši ima lahko podobne lastnosti kot prehranske vlaknine (ŠKRABANJA & KREFT 1994). To je pomembno pri diabetesu, saj lahko uravnava glikemični status (ŠKRABANJA in sod. 2001). Počasno sproščanje glukoze iz škroba lahko podaljša telesno oziroma fizično aktivnost, prav tako pa se podaljša tudi občutek sitosti.

Kompleksi počasi absorbirajočih ogljikovih hidratov s sorazmerno nizkim glikemičnim indeksom (GI) 54 so primernejši za prehrano kot ogljikovi hidrati z visokim GI iz belih pšeničnih kruhov (ŠKRABANJA in sod. 2001). Zrnje ajde vsebuje pomembno količino retrogradiranega škroba (ŠKRABANJA & KREFT 1994, 1998, ŠKRABANJA in sod. 1998, 2000, KREFT & ŠKRABANJA 2002).

ŠKRABANJA in sod. (2001) poročajo o celokupnih količinah škroba v navadni ajdi ter razmerju med potencialno dostopnim škrobom in rezistentnim škrobom v ajdi v poskusih *in vitro*. Prebavljivost škroba v vseh izdelkih iz ajde je več kot 90 % glede na celokupni škrob. Najvišji delež rezistentnega škroba so ugotovili v kuhani ajdovi kaši (4,4 %). Celokupna vsebnost škroba v kuhani ajdovi kaši je 72,8 % v SS, od tega 67,9 % potencialno dostopnega oziroma razpoložljivega škroba in okoli 4,4 % rezistentnega škroba, kar je drugače kot pri škrobu pšenične moke, kjer je celokupna količina škroba višja, prav tako je več potencialno dostopnega škroba, medtem ko je vsebnost rezistentnega škroba bistveno nižja.

O količinah rezistentnega škroba v ajdovih izdelkih in izdelkih na osnovi pšenice poročata KREFT & ŠKRABANJA (2002) ter ugotavljata najvišjo vsebnost rezistentnega škroba v kuhani ajdovi kaši (6 %) ter ajdovih rezancih (3,4 %), medtem ko je vsebnost v pšeničnih izdelkih nižja (v pšeničnih rezancih 2,1 % in v pšeničnem kruhu 0,8 %). Stopnja amilolize se značilno zniža v obeh ajdovih izdelkih (ajdova kaša in ajdovi rezanci) v primerjavi z referenčnimi pšeničnimi izdelki. Hidrolizni indeks je pri ajdovih rezancih 61, pri pšeničnih pa 71, hidrolizni indeks pri kuhani ajdovi kaši pa je celo samo 50. Vse to so pomembni podatki za spremljanje nivoja glukoze v krvi pri sladkornih bolnikih oziroma za nadzor sladkorne bolezni. Raziskave škroba v ajdi je nadaljevala vrsta avtorjev (GREGORI & KREFT 2012, KREFT 2013, CHRUNGGOO in sod. 2013, ŠKRABANJA in sod. 2015, ŠKRABANJA & KREFT 2016, GAO in sod. 2016).

Ajda ima relativno visoko vsebnost vlaknin in je vir topnih in netopnih vlaknin (S. IKEDA in sod. 2001, STEADMAN in sod. 2001a, BONAFACCIA in sod. 2003ab). BONAFACCIA & KREFT (1994) poročata o količinah celokupnih prehranskih vlaknin v termično obdelani aj-

dovi moki ter nekaterih izdelkih (3,4–5,2 %). Okoli 20–30 % vlaknin je topnih (KREFT in sod. 1996). BONAFACCIA in sod. (2003b) ugotavljajo približno enako vsebnost vlaknin v navadni in tatarski ajdi (v moki 6,3–6,8 % v suhi snovi; v zrnju okoli 26–28 %). Prehranske vlaknine v mlevskih frakcijah navadne ajde so preučevali tudi STEADMANOVA in sod. (2001a). V finih mokah so ugotovili okoli 3 % prehranskih vlaknin, v grobih mokah z otrobi pa tudi 15–40 % vlaknin. Okoli 10 % vlaknin v ajdovih mokah, lahko tudi več, je topnih, ugotavljajo zgoraj omenjeni avtorji. Visoka toplotnost prehranskih vlaknin predstavlja za ajdo prednost. Ajda ima prav zaradi tega pomembno vlogo v preventivi in zdravljenju povišanega krvnega tlaka in ravnih holesterola.

Možna je tudi vezava vlaknin z različnimi sestavinami v moki, npr. s peptidi (S. IKEDA in sod. 2001). Prehranske vlaknine, ki jih vsebuje ajdova moka, imajo zanimivo kemijsko strukturo, vsebujejo tudi ksilozo, itd. (S. IKEDA in sod. 2001).

S. L. KIM in sod. (2001a) so preučevali vsebnost celokupnih maščob v semenih ajde in ugotovili, da je vsebnost maščob višja v tatarski ajdi (3,10–3,25 %) kot v navadni ajdi (2,0–2,4 %). Podobno trdi tudi LIN (2004) ter dodaja, da je vsebnost maščob v tatarski ajdi višja kot v pšenici in rižu ter nižja kot v koruzi. Vsebnost maščob v zrnju navadne in tatarske ajde je okoli 2,8 % (BONAFACCIA in sod. 2003b). Pri mletju se večji delež maščob nahaja v otrobih, manj pa je maščob v moki (moka 2,3–2,5 % maščob; otrobi 7,2–7,3 % maščob) (BONAFACCIA in sod. 2003b).

ZHAO in sod. (2001) poročajo o vsebnosti surovih maščob v zrnju ajde (2,15–3,01 %), ter prisotnosti devetih različnih maščobnih kislin, pretežno nenasičenih, med njimi prevladujeta oljna in linolna kislina. Podobne rezultate so dobili tudi S. L. KIM in sod. (2001a). Lipidi v semenih ajde vsebujejo večinoma nenasičene maščobne kisline, predvsem oleinsko in sub-oleinsko kislino, ki imata pozitiven vpliv na zdravje ljudi (ZHAO in sod. 2004a).

Maščobe navadne ajde imajo visoko vsebnost polinenasičenih maščobnih kislin ter nizko vsebnost nasičenih in mononenasičenih maščobnih kislin (S. L. KIM in sod. 2001a, BONAFACCIA in sod. 2003b). S. L. KIM in sod. (2001a) ugotavljajo, da med nenasičenimi maščobnimi kisljinami prevladujejo oljna (C18:1), linolna (C18:2) in linolenska (C18:3). Od celotne količine vseh maščobnih kislin je delež oljne 17,73 %, linolenske 4,24 %, največ pa je linolne 43,15 %. Med nasičenimi maščobnimi kisljinami je največ palmitinske (26,47 %) in stearinske kisline (4,12 %), prisotna je tudi miristinska, arahidinska in behenska kislina. Polinenasičene maščobne kisline (linolna, linolenska in arahidonska) so

esencialne za človekov organizem, predvsem pomembna je linolenska kislina, ki se pretvori tudi v arahidonsko. BONAFACCIA in sod. (2003b) so primerjali maščobnokislinsko sestavo navadne in tatarske ajde in ugotovili, da je v navadni ajdi okoli 20,5 % nasičenih ter približno 79,3 % nenasičenih maščobnih kislin, v tatarski ajdi pa približno 5 % manj nenasičenih ter 5 % več nasičenih maščobnih kislin (25,3 % nasičenih in 74,5 % nenasičenih). Enako kot S. L. KIM in sod. (2001a) tudi BONAFACCIA in sod. (2003b) ugotavljajo, da je od celotne količine maščobnih kislin največ oljne kisline (37 % v navadni ajdi in 35,2 % v tatarski ajdi) ter linolne kisline (39 % v navadni ajdi in 36,6 % v tatarski ajdi). Linolenske kisline je le 1 % v navadni ajdi ter le 0,7 % v tatarski ajdi, arahidonske pa tudi manj kot 2 %.

Vsebnost tokoferolov v ajdi kaže značilno pozitivno korelacijo s količino nenasičenih maščobnih kislin (S. L. KIM in sod. 2001a). Vsebnost celokupnih tokoferolov v ajdi je 1,3–2,3 mg/100 g. Najaktivnejša oblika E vitamina je alfa-tokoferol, a v semenih navadne ajde ne prevladuje. Največ je delta-tokoferola (Y. S. KIM & J. G. KIM 2001, S. L. KIM in sod. 2001a). Alfa-tokoferol ima antivnetni učinek in antioksidativne lastnosti. Rezultate o vsebnosti vitamina E v navadni ajdi (5,46 mg/100 g) objavljajo BONAFACCIA in sod. (2003b) ter WIJNGAARD & ARENDT (2006b).

Ajdova zrna so bogat vir mnogih esencialnih mineralov, ki jih moramo v prehrani pridobiti večinoma z rastlinsko hrano (KREFT 2001, ZHAO in sod. 2004b). Ajda vsebuje minerale kot so Ca, P, Mg, Na, K, Zn, Cu, Mn, Fe in Se (KREFT 2001, LEE in sod. 2004). Najvišja je vsebnost P, Mg in K. Za ugodno prehransko vrednost so pomembni predvsem Zn, Cu in Mn (S. IKEDA in sod. 1990, S. IKEDA & YAMAGUCHI 1993, S. IKEDA & YAMASHITA 1994). Pomembna je tudi vsebnost Se (KREFT 2001, STIBILJ in sod. 2004, OŽBOLT in sod. 2008).

Vsebnost makro in mikromineralov (Fe, Mn, Zn, Mg, Cu, P, K, Ca, Mg, Co, B, I, Cr in Se) v tatarski ajdovi moki pomeni pomemben vir mineralov v človekovi prehrani (PIAO & LI 2001, STEADMAN in sod. 2001b, ZHAO in sod. 2001, SHAN in sod. 2004, GOLOB in sod. 2016ab), predvsem pomemben vir Zn, Cu in Mn (S. IKEDA & YAMAGUCHI 1993, S. IKEDA & YAMASHITA 1994, BONAFACCIA in sod. 2003a). Pomembna je relativno visoka vsebnost Se v tatarski ajdi v primerjavi z rižem, pšenično in koruzno moko ter bistveno višja vsebnost Mg, kot je v riževih in pšeničnih moki, v koruzni pa ga sploh niso določili (ZHAO in sod. 2001). Zato se v sodobnem času velikokrat razmišlja o ajdovi moki kot naravnem dodatku, ki obogati sestavo osnovne moke (WIJNGAARD & ARENDT 2006b). Če ajda raste v

okolju, kjer je Se dostopen rastlinam, je lahko tudi pomemben vir tega elementa (STIBILJ in sod. 2004, SMRKOLJ in sod. 2006, GERM in sod. 2009, VOGRINČIČ in sod. 2009, GOLOB in sod. 2015, GOLOB in sod. 2016ab).

Pomembno skladišče fosforja v zrnih je fitinska kislina (*myo*-inositol-hexakis-dihydrogen phosphate). Fitinska kislina ima sposobnost, da veže različne minerale v netopne komplekse, kar zmanjšuje razpoložljivost mineralov v prebavilih in njihovo absorpcijo (S. IKEDA in sod. 2001, FRONTELA in sod. 2008). Fitinska kislina je pomemben kelator različnih kationov, predvsem Zn, Mg in Ca, pa tudi Co, Mn in Fe. Fitinska kislina in vezani minerali se nahajajo v beljakovinskih telesih v embriju (kalček), največja koncentracija pa je v perikarpu in v alevrinskih plasteh zrn. Otrobi so vir fitatov, mineralov, taninov in drugih polifenolov pri ajdi (STEADMAN in sod. 2001b), saj se koncentrirajo v otrobih (HATCHER in sod. 2008). Fitinska kislina ima lahko tudi pozitivne vloge, saj je naravni antioksidant in preprečuje oksidacijo maščob. Vsebnost fitinske kisline je nižja v tatarski ajdi kot navadni ajdi (ASAMI in sod. 2007).

Vsebnost mineralnih snovi se med diploidnimi in tetraploidnimi vrstami ajde bistveno ne razlikuje, ugotavlja MICHALOVÁ in sod. (2001), razen v vsebnosti Na, ki ga je v tetraploidni ajdi več (3,3 mg/100 g) kot v diploidni ajdi (1,6 mg/100 g).

Ajda in izdelki iz ajde (moka, kaša, itd.) imajo prav tako kot zrnje relativno visoko vsebnost mineralnih snovi in so lahko za ljudi, ki uživajo ta živila, vir mineralov (KREFT in sod. 1996, S. IKEDA in sod. 2001, STEADMAN in sod. 2001b, BONAFACCIA in sod. 2003a). Vsebuje več pomembnih mineralnih snovi (Zn, Cu, Mn, Mg, K, P) v relativno visoki količini v moki in v kaši. Z zaužitjem 100 g ajdove moke se lahko teoretično zagotovi 10 do 100 % priporočljivega dnevnega vnosa (RDA) za zgoraj omenjene mineralne snovi. Zn, Cu in K so biološko dostopnejši. Vsebnost Ca je nižja, je tudi slabše biološko dostopen, podobno pa velja tudi za Mn in Mg. Vsak mineral ima svojo unikatno in pomembno vlogo v človekovem organizmu, med katerimi je najpomembnejša aktiviranje mnogih encimov, kakor tudi različna vloga v presnovi. Biološka dostopnost mineralov je odvisna od različnih faktorjev, kot so prisotnost fitinske kisline, beljakovin, drugih mineralov, povezana je tudi z njihovo topnostjo v prebavnem traktu. Posebej zanimiva je vsebnost Zn, ki ga je prav v ajdi in tudi v rižu bistveno več kot v žitih (S. IKEDA in sod. 2001).

Zrnje ajde je pomemben vir vitaminov skupine B (BONAFACCIA in sod., 2003b). Vsebnost vitaminov B<sub>1</sub>, C in E (S. IKEDA in sod. 1990, S. IKEDA & YAMAGUCHI 1993, S. IKEDA & YAMASHITA 1994) je pomembna za

ugodno prehransko vrednost ajde. Vsebnost vitaminov skupine B je različna pri diploidni in tetraploidni ajdi. Vsebnost vitaminov B<sub>1</sub> in B<sub>6</sub> je nekoliko višja pri tetraploidni ajdi, vsebnost B<sub>2</sub> pa je pri obeh ajdah skoraj enaka (MICHALOVÁ in sod. 2001). Vsebnost vitaminov B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> in B<sub>3</sub> je v ajdi višja kot v drugih žitih, prav tako vsebnost rutina (ZHAO in sod. 2001). Vitamina C v vzorcih semen niso določili (MICHALOVÁ in sod. 2001). Tatarska ajda ima bistveno višjo vsebnost vitamina B<sub>2</sub> in rutina kot navadna ajda (LIN 2004).

Zrnje ajde in ajdova moka vsebujejo prehransko pomembne polifenolne spojine (LUTHAR 1992a, KREFT in sod. 1994, S. IKEDA in sod. 2001, STEADMAN in sod. 2001b, MATILLA in sod. 2005, ŠENSOY in sod. 2006, ASAMI in sod. 2007). Vsebnost polifenolov v zrnju ajde je tudi do 15-krat višja kot v zrnju pšenice, amaranta in kvinoje (ALVAREZ-JUBETE in sod. 2010). Zrnje ajde vsebuje 0,5–4,5 % polifenolov, moka pa 0,06–0,86 % (LUTHAR 1992a). Visoke vrednosti polifenolov so tudi v ajdovi kaši. Pri vzorcih ajde je ugotovljena tudi visoka antioksidativna aktivnost (S. IKEDA in sod. 2004). Vsebnost polifenolov v ajdovi moki je višja kot v mokah iz pšenice, koruze, riža in ječmena (S. IKEDA in sod. 2004). Antioksidativna aktivnost ajdovih izdelkov je povezana z vsebnostjo njihovih polifenolov (S. IKEDA in sod. 2001, ALVAREZ-JUBETE in sod. 2010).

Zrnje ajde, kakor tudi rastlina, vsebuje flavonoide, različne fenole in tanine. Ajda je vir rutina, kvercetina, vsebuje tudi kemferol-3-rutinozid, fagopiritol, pa tudi flavonol-3-glikozid v sledovih (OHSAVA & TSUTSUMI 1995, OOMAH & MAZZA 1996, WATANABE 1998, DIETRICH-SZOSTAC & OLESZEK 1999, PARK in sod. 2000, STEADMAN in sod. 2000, HOLASOVÁ in sod. 2002, SUZUKI in sod. 2002, PAULÍČKOVÁ in sod. 2004, KREFT in sod. 2006, BRUNORI & VÉGVARÍ 2007, DANILA in sod. 2007, JIANG in sod. 2007, LIU in sod. 2008). Pomembna je vsebnost klorofila in flavonoidov v zrnih ajde, ki pa jih zrna žit ne vsebujejo, ali pa je njihova vsebnost nizka (ZHAO in sod. 2001). Različni avtorji poročajo o sorazmerno visoki vsebnosti celokupnih flavonoidov v ajdovi moki in otrobih (LUTHAR 1992a, KREFT & LUTHAR 1993, KIM in sod. 2004, KREFT in sod. 2006, VOGRINČIČ in sod. 2010, NEMCOVA in sod. 2011).

Med vrstami in sortami ajd obstajajo razlike v vsebnosti rutina (OHSAVA & TSUTSUMI 1995, OOMAH & MAZZA 1996, FABJAN in sod. 2003, KREFT in sod. 2006, JIANG in sod. 2007, LIU in sod. 2008). Tatarska ajda ima bistveno višjo vsebnost rutina kot navadna ajda (LIN 2004, ASAMI in sod. 2007, FABJAN in sod. 2003, FABJAN 2007, KIM in sod. 2008, K. IKEDA in sod. 2012, WIELSLANDER in sod. 2012, REGVAR in sod. 2012, VOGRINČIČ in sod. 2013). Preučevali so tudi razlike med diploidno in tetraploidno ajdo. ZHAO in sod. (2001) so pri-

merjali diploidno in tetraploidno tatarsko ajdo in ugotovili, da je vsebnost rutina v tetraploidni tatarski ajdi višja kot v diploidni tatarski ajdi (vsebnost rutina v tetraploidni ajdi je 2,37 g/100 g, v diploidni tatarski ajdi pa 1,41 g/100 g). Obratno pa so ugotovili MICHÁLOVÁ in sod. (2001) za navadno ajdo. Vsebnost rutina je bila v diploidni navadni ajdi višja kot v tetraploidni navadni ajdi (v diploidni ajdi 27,9 mg/100 g SS, v tetraploidni pa le 11,7 mg/100 g).

### 1.3 Mlevske frakcije

Oblika zrelih zrn ajde je značilno trikotna. Luščina (perikarp), ki je zunanji del zrna, ima trdo fibrozno strukturo, običajno je temno rjava do črna. Z odstranitvijo luščine dobimo oluščena zrna, imenujemo jih tudi kaša. Zunanja plast oluščenih zrn ajde je v bistvu pokrivalo zrna, fibrozna plast, sestavljena iz celic z odebeljenimi celičnimi stenami. Alevronska plast, zunanja plast celic v endospermu, je plast z majhnimi celicami z debelimi stenami. Celice centralnega endosperma imajo tanke celične stene in so napolnjene s škrobnimi zrni. Kalček (embrio) se nahaja na vrhu zrna (os in dva kotiledona); dva tanka kotiledona (kot lista) se razpredata po endospermu in se zvijata ob zunanjem robu zrna (KREFT & DE FRANCISCO 1989, M. KREFT & S. KREFT 1999, S. KREFT & M. KREFT 2000, STEADMAN in sod. 2001a).

Celice endosperma ajde vsebujejo zrnca škroba, ki so zelo majhna, v primerjavi z zrni škroba v pšenici, rži in ječmenu. V pšenici so škrobna zrna zelo različnih velikosti, v ajdi pa zelo majhna in vsa približno enakih velikosti. Prav po škrobnih zrnih se lahko ugotovi čistost ajdove moke, predvsem če se uporablja za bolnike s preobčutljivostjo na gluten (celiakijo).

Fizikalno kemijske in tudi strukturne lastnosti beljakovin in polisaharidov so pomembne, lahko se spremenijo ob luščenju in mletju ajde. Molekule beljakovin ostajajo ob luščenju zrn relativno neprizadete (FESSAS in sod. 2008). Z luščenjem pa odvezamemo nekatere polisaharidne frakcije, ki so pomembne za tvorbo peskaste strukture.

DIETRYCH-SZÓSTAKOVA (2004) poroča o rezultatih pri luščenju ajde in pridobitku kaše. Iz 1000 kg zrnja so pridobili v procesih mletja in luščenja v mlinih na Poljskem 700–760 kg oluščenih zrn in 240–300 kg luščin. Zrnje se uporablja v prehrani ljudi, luščine se le redko uporabljajo za živalsko krmo, pogostejše pa za steljo. Luščine vsebujejo 2,5–3,3 % surovih beljakovin, 30–40 % surovih vlaknin v SS, zelo majhna je količina topnih ogljikovih hidratov (0,45–0,8 % v SS) (DIETRYCH-SZÓSTAKOVA 2004).

Različne mlevske frakcije lahko imajo različno količino mineralov in beljakovin, temne moke so v glavnem bogatejše z mineralnimi snovmi in beljakovinami kot svetlejše (bele) ajdove moke (S. IKEDA & YAMASHITA 1994). Mlevske frakcije finih svetlih mok imajo višjo vsebnost škroba. Razporeditev mineralnih snovi v mlevske frakcije je odvisna od razporeditve mineralnih snovi po tkivih in celicah zrna oziroma po delih rastlin (PONGRAC in sod. 2013ab, 2016abcdef).

Mlevske frakcije ajde nastajajo z mletjem zrnja in s sejanjem delcev. Bela moka nizkih granulacij nastaja iz notranjega dela zrn (centralnega endosperma), zdrob ali drobljenec pa iz delčkov endosperma in frakcij otrobov. Otrobi ajde vsebujejo zunanje plasti oluščene zrnja, delčke embria (kalčke) in so mlevska frakcija ajde z najvišjo vsebnostjo beljakovin (350 g/kg), maščob (110 g/kg) in prehranskih vlaknin (150 g/kg). Otrobi ajde so tudi vir fagopiritola (26 g/kg) in galaktozil derivatov D-chiro-inozitola, ki so lahko koristni pri sladkornih bolniki, ki niso zdravljeni z inzulinom (STEADMAN in sod. 2000).

Vsebnost beljakovin in maščob je v frakcijah otrobov nižja kot v luščinah. Fine moke (pretežno iz centralnega endosperma) imajo najvišjo vsebnost škroba (65–76 %), otrobi vsebujejo škroba bistveno manj (le okoli 18 %). Topni ogljikovi hidrati (saharoza, fagopiritoli, itd.) so skoncentrirani v otrobih in v kalici (okoli 7 %), v endospermu pa jih je malo. Celokupne prehranske vlaknine so netopne (celuloza, lignin, necelulozni polisaharidi) in topne (pektin, nekateri necelulozni polisaharidi). V otrobih je dvakrat več prehranskih vlaknin kot v kaši ter kar 5–10 krat več kot v finih mokah. Neškrobní polisaharidi, kot je npr. celuloza in necelulozni polisaharidi, so glavne komponente prehranskih vlaknin in so koncentrirani v debelejših celičnih stenah, kot je alevronska plast, v pokrivalu zrna in luščinah. Škrob in oligosaharide, ki se v človekovem telesu ne razgradijo (odporni na hidrolizo), obravnavamo kot prehranske vlaknine. Mineralne snovi (posebej fitati, nameščeni v beljakovinskih delih) in maščobe se nalagajo v kalčku, pokrivalu zrna in v luščini (STEADMAN in sod. 2001a).

HATCHER in sod. (2008) ugotavljajo deleže mlevskih frakcij pri mletju kanadskih kultivarjev navadne ajde. Pri mletju oluščene zrnja so pridobili 73–81 % belih mok ter 17,4–26,6 % temnih mok in otrobov. Moke, zmlate iz celih zrn, so vsebovale 1,86–2,05 % pepela ter 13,4–15,1 % beljakovin, bele moke 0,71–0,78 % pepela in 6,4–7,2 % beljakovin ter temne moke z otrobi 5,5–6 % pepela in 37,1–38,7 % beljakovin.

ŠKRABANJA in sod. (2004) so pri mletju navadne ajde sorte 'siva' dobili 23,6 % finih mok (pod 129 µm) in 11,5 % grobih mok; delež zdrobov je bil 14,5 %, otrobov 14,5 % in luščin 27,6 %. Rezultati omenjenih študij

niso medsebojno primerljivi zaradi različnih načinov mletja in presejanja.

HUNG in sod. (2007) poročajo o mletju kultivarja ajde 'mankan', pridobljenem iz Kitajske, v 16 frakcij. Pridobili so 5 frakcij finih mok iz notranjih plasti ajdovih zrn, 7 frakcij mok iz osrednjega dela zrn ter 4 mlevske frakcije iz pretežno zunanjih plasti zrn. Okoli 40 % je mok, ki so zmlete iz notranjih plasti zrn, približno 22 % je zdrobov in otrobov, zmletih iz zunanjih plasti zrn, preostali del je iz osrednjega dela zrn. Vsebnost vode v mlevskih frakcijah je bila 10,4–14,0 %, zniževala se je proti notranjosti zrn. Vsebnost pepela je bila 0,16–5,4 % in je naraščala proti zunanjim plastem zrnja. Vsebnost beljakovin v mlevskih frakcijah je bila 3,15–40,06 % in je naraščala enako kot pepel proti zunanjim plastem zrnja.

Navadno ajdo so ŠKRABANJA in sod. (2004) mleli v 23 frakcij, in sicer v fine in grobe moke, fine in grobe zdrobe, otrobe in luščine. Vsebnost beljakovin v mokah je bila 4,4–11,9 % in v otrobih 19,2–31,3 %, vsebnost škroba pa variira od 91,7 do 70,4 % v mokah ter med 42,6 in 20,3 % v otrobih. Delež topnih vlaknin v odnosu na skupne vlaknine je višji v mokah kot v zdrobih in otrobih.

MIYAKE in sod. (2004) so preučevali 5 mlevskih frakcij navadne ajde. Vsebnost vode je najvišja v mlevski frakciji, pridobljeni iz centralnega dela zrna, vsebnost vode se znižuje proti zunanjim plastem zrn oziroma v frakcijah, pridobljenih iz zunanjih plasti zrn. Vsebnost beljakovin, maščob, pepela in prehranskih vlaknin pa narašča proti zunanjim plastem zrnja. Le najbolj zunanja frakcija vsebuje površinski sloj z otrobi in je revnejša kot frakcija pod njo, ki vsebuje dele endosperma, otrobov in kalčka.

Mlevske frakcije tatarske ajde sta preučevala PIAO & LI (2001). Ugotavljala sta sestavo moke iz celega zrnja, ter mok iz zunanjih plasti ajdovih zrn, srednjih plasti in notranjih plasti zrn. Vsebnost beljakovin v zunanjih plasteh (24,02 %) je bistveno višja kot v notranjih plasteh zrn (8,78 % beljakovin). Enaka težnja kot pri beljakovinah se pojavlja tudi pri maščobah (moka iz zunanjih plasti vsebuje 6,08 % maščob, moka iz notranjih plasti pa le 1,20 % maščob). Vsebnost škroba proti notranjosti zrna narašča (moki iz zunanjih plasti so določili 52,77 %, moki iz notranjih plasti pa 79,31 % škroba). Vsebnost vlaknin se proti notranjosti zrna znižuje (moka iz zunanjih plasti vsebuje 2,21 %, moka iz notranjih plasti pa 0,50 % vlaknin).

Bele moke vsebujejo 6,5–7,2 % beljakovin, temne moke pa 37,1–38,7 % beljakovin, so v svojih raziskavah ugotovili HATCHER in sod. (2008). Vsebnost pepela v belih mokah je 0,71–0,78 %, v temnih pa 5,49–5,99 % (HATCHER in sod. 2008).

STEADMANOVA in sod. (2001a) so mleli navadno ajdo na dva različna načina in ugotavljali sestavo mlevskih frakcij. Vsebnost vode v zrnju je bila 10,1–11,2 %, v mokah 12,6–14,2 %, v otrobih 12,6–12,8 %, v luščinah pa 8,7–9,8 %. V tatarski ajdi je bila vsebnost vode v zrnju 9,7 %, v luščinah pa 8,4 %. Vsebnost beljakovin v mlevskih frakcijah navadne ajde (STEADMAN in sod. 2001a) je v belih mokah 4,3–6,5 % (na SS), v celem zrnju 12,3 %, v polnovredni moki (iz celega zrna) 11,5 %, v otrobih pa 35,5–39,3 %.

Vsebnost Se se prav tako znižuje proti sredini zrna (moka iz zunanjih plasti zrn vsebuje 0,12 %, moka iz notranjih plasti pa le 0,013 % selen), enako velja tudi za minerale K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn in Zn (PIAO & LI 2001).

Vsebnost vitamina B<sub>3</sub> pada proti sredini zrna (frakcije moke iz zunanjih plasti vsebujejo 3,3 mg/g, moka iz notranjih plasti 1,2 mg/g vitamina B<sub>3</sub>) (HUNG & MORITA 2008).

Mlevske frakcije, ki imajo višjo količino beljakovin, so lahko tudi bogatejše s pomembnimi polifenolnimi spojinami (LUTHAR 1992a, KREFT in sod. 1994).

BONAFACCIA in sod. (2003b) so ugotovili, da se maščobe, beljakovine in nekateri vitamini skupine B pri mletju na kamnih bolj koncentrirajo v otrobih, najdemo jih predvsem v alevrskem sloju in kalicah. Prav tako poročajo STEADMAN in sod. (2000), da se fagopiritol in topni ogljikovi hidrati koncentrirajo v zunanjih plasteh in otrobih, kakor tudi fitati, minerali in polifenoli, vključno s tanini. Rutin pa se bolj koncentrira v luščinah (STEADMAN in sod. 2001b). Svetla ajdova moka, ki ima tudi nizko granulacijo, vsebuje več škroba in manj beljakovin, maščob, drugih topnih ogljikovih hidratov in netopnih vlaknin (STEADMAN in sod. 2001a).

## 1.4 Sekundarni metaboliti

Spojine v živih organizmih delimo na dve glavni skupini, primarne in sekundarne metabolite. Sekundarni metaboliti so zelo raznoliki, vrstno specifični, zastopnost posameznih ni pri vseh rastlinah enaka. Nastajajo iz primarnih metabolitov v procesu sekundarnega metabolizma. Včasih je meja med primarnim in sekundarnim metabolizmom nejasna. Rastlinske sekundarne metabolite delimo v fenolne spojine, terpene in dušik vsebujoče snovi (TAIZ & ZEIGER 2006).

Vsaka rastlinska vrsta ima svoj specifičen nabor sekundarnih metabolitov. Ti dajejo rastlinam značilne lastnosti ter imajo velik komercialni pomen. Med te metabolite se uvrščajo alifatske komponente, terpeni in terpenoidi ter fenolne snovi (LUTHAR 1992b).

Fenolne spojine so sekundarni metaboliti, ki so prisotni v rastlinah in nastanejo iz primarnih metabolitov. Imajo aromatski obroč, v naravi so običajne spojine z več hidroksilnimi skupinami, zato jih imenujemo tudi polifenoli.

Fenolne spojine so številčna in kemijsko raznolika skupina spojin. V rastlinah poznamo okoli 10000 različnih fenolnih spojin (TAIZ & ZEIGER 2006).

Fenolne spojine imajo pomembo vlogo tako v rastlinskem svetu kot v prehrani ljudi. Z izgradnjo antioksidativnih zaščitnih snovi se rastline ščitijo pred napadi virusov, bakterij in rastlinojedih organizmov ter pred močnimi sončnimi žarki, ki sprožajo nastanek prostih radikalov. Rastline vsebujejo različne fenolne spojine. Vloga fenolnih spojin je podpora rastlinam, zaščita ra-

stlin, imajo tudi zdravstveni pomen, alelopatija, lahko so farmakološko pomembne snovi. Izgradnja fenolnih spojin poteka po različnih poteh, najpogostejše poteka po poti šikiminske kisline ali po poti malonilne kisline. Fenolne spojine lahko označimo kot spojine, ki izhajajo iz šikimatne in fenilpropanoidne metabolne poti.

Fenolne spojine so spojine z vsaj enim aromatskim obročem ( $C_6$ ) ter z eno ali več hidroksilnimi skupinami, neposredno vezanimi na aromatski obroč.

Rastlinski fenoli se izgrajujejo na več različnih načinov. Fenolne spojine delimo v več skupin z različnimi lastnostmi, zgradbo in molsko maso (SHAHIDI & NACZK 2003, TAIZ & ZEIGER 2006). Nekatere so topne le v organskih topilih, karboksilne kisline in glukozidi so topni v vodi, nekatere pa so netopni polimeri.

**Preglednica 1: Razvrstitev fenolnih spojin po številu C-atomov (Povzeto po ABRAM 2000)**

**Table 1: Classification of phenolic substances by the number of C-atoms (Adapted from ABRAM 2000)**

| Št. C atomov | Skupina                                                                                                                     | Podskupina                                                              | Predstavniki                                                                                                |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6            | Fenoli ( $C_6$ )                                                                                                            |                                                                         |                                                                                                             |
| 7            | Fenolne kisline ( $C_6-C_1$ )                                                                                               |                                                                         |                                                                                                             |
| 8            | Fenilacetne kisline ( $C_6-C_2$ )                                                                                           |                                                                         |                                                                                                             |
| 9            | Hidroksicimetne kisline ( $C_6-C_3$ )                                                                                       | Fenilpropani<br>Kumarini<br>Izokumarini<br>Kromoni                      |                                                                                                             |
| 15           | Flavonoidi ( $C_6-C_3-C_6$ )                                                                                                | Flavanol<br>Flavonol<br>Flavon<br>Flavanon<br>Antocianidin<br>Izoflavon | Flavanoli (katehin, epikatehin, galokatehin, epikatehingalat)<br><br>Flavonoli (kvercetin, kemferol, rutin) |
| 18           | Lignani ( $C_6-C_3$ ) <sub>2</sub><br>Neolignani                                                                            |                                                                         |                                                                                                             |
| 30           | Biflavonoidi ( $C_6-C_3-C_6$ ) <sub>2</sub>                                                                                 |                                                                         |                                                                                                             |
| n            | Lignini ( $C_6-C_3$ ) <sub>n</sub><br>Melanini ( $C_6$ ) <sub>n</sub><br>Kondenzirani tanini ( $C_6-C_3-C_6$ ) <sub>n</sub> |                                                                         |                                                                                                             |

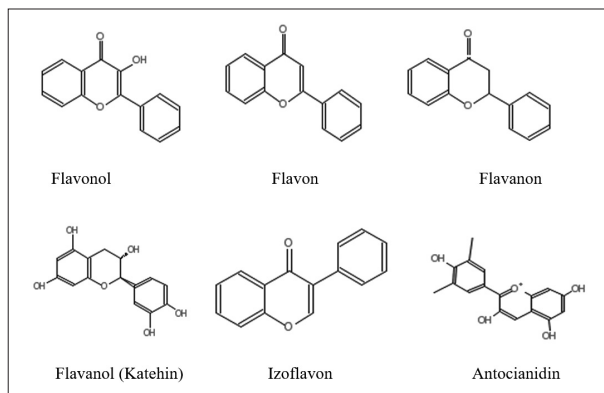
Pomembne fenolne spojine so (HAGELS 1999a):

fenolne kisline in estri,  
fenolni amidi,  
flavonoidi (flavononi, flavoni, flavononoli,  
flavonoli, antociani, katehini)  
heliantroni in naftodiantroni,  
antrakinoni,  
druge dušik vsebujoče spojine.

Osnovni skelet rastlinskih polifenolov tvori aromatski obroč  $C_6$  (enostavni fenoli), osnovni

skelet za fenolne kisline je  $C_6-C_1$ , za hidroksicimetno kislino  $C_6-C_3$ , za flavonoide in izoflavonoide  $C_6-C_3-C_6$ , za biflavonoide ( $C_6-C_3-C_6$ )<sub>2</sub>, za kondenzirane tanine pa ( $C_6-C_3-C_6$ )<sub>n</sub>.

Vsebnost fenolnih spojin je odvisna od vrste rastline, kultivarja, deloma od rastišča (vsebnost hranil v zemlji), podnebnih razmer (temperature, svetlobe, količine padavin), agrotehničnih dejavnikov ter od načina predelave (HÄKKINEN in sod. 1999).

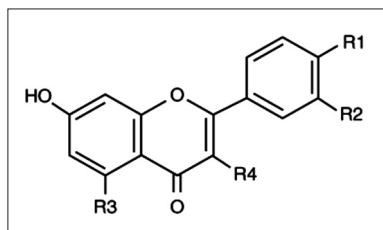


Slika 1: Organska struktura flavonoidov  
Figure 1: Organic structure of flavonoids

### 1.5 Flavonoidi

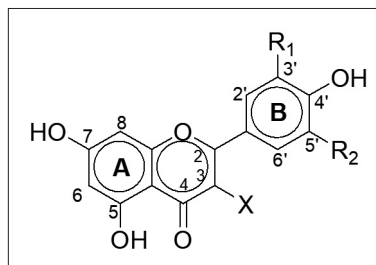
Flavonoidi so najštevilnejša skupina fenolnih spojin. Do sedaj je znanih okoli 5000 različnih spojin (ABRAM 2000, TAIZ & ZEIGER 2006). Osnovno spojino flavon sestavljajo strukture iz 15 C atomov ( $C_6-C_3-C_6$ ), en aromatski obroč (A) ima 6 C atomov, še druga dva obroča (B in C) pa skupaj predstavljata fenilpropanoidno ( $C_6-C_3$ ) enoto.

Različni razredi flavonoidov se razlikujejo po substitucijah C obroča in oksidacijski stopnji heterocikličnega  $C_3$  obroča, znotraj razredov pa po substitucijah obročev A in B. Hidroksilne skupine kot substituenti se pojavljajo običajno na mestih  $C_4$ ,  $C_5$  in  $C_7$ . Flavonoidi so v naravi običajno glikozilirani, kar pomeni, da imajo na obroč vezane različne sladkorje, monosaharide (glukoza, galaktoza, arabinoza, ramnoza), disaharide (rutinoza), ali pa tudi daljše verige. Največkrat je sladkor vezan na  $C_3$  atom, lahko pa tudi na  $C_5$



Slika 2: Struktura v naravi prisotnih flavonoidov s prikazom številčenja na aromatskih obročih (kvercetin:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  so OH; rutin je glikozid kvercetina, na  $R_4$  je disaharid rutinoza) Vir: Rahman in sod. (1989)

Figure 2: Structure of naturally occurring flavonoids showing numbering of ring atoms (in quercetin  $R_1$ ,  $R_2$  and  $R_3$  are all OH; rutin is glycoside of quercetin in which  $R_4$  is the disaccharide). Reference: Rahman et al. (1989)



Slika 3: Struktura flavonoidov: flavonoli,  $X=OH$ ; kvercetin,  $R=OH$ ,  $R_2=H$ ; kemferol,  $R=H$ ,  $R_2=H$ ; miricetin,  $R_1=OH$ ,  $R_2=OH$ ; flavoni,  $X=H$ ; apigenin,  $R_1=H$ ,  $R_2=H$ ; luteolin,  $R_1=OH$ ,  $R_2=H$ .

Figure 3: Structure of flavonoids: flavonols,  $X=OH$ ; quercetin,  $R_1=OH$ ,  $R_2=H$ ; kaempferol,  $R=H$ ,  $R_2=H$ ; myricetin,  $R=OH$ ,  $R_2=OH$ ; flavones,  $X=H$ ; apigenin,  $R_1=H$ ,  $R_2=H$ ; luteolin,  $R_1=OH$ ,  $R_2=H$

ali  $C_7$  atom. Le redki flavonoidi imajo sladkor vezan na B obroč. Nesladkorni del molekule imenujemo aglikon.

Hidroksilne skupine in sladkorji, vezani na osnovni flavonoidni ogljikov skelet, povečujejo topnost flavonoidov v vodi (TEIZ & ZEIGER 2006)

Flavonoide delimo po aglikonu (LUTHAR 1992a):

flavoni (apigenin, apiin, kozmoziin, viteksin, luteolin, orientin) in flavonoli (kemferol, kvercetin, kvercitrin, rutin, miricetin, miricitrin), flavanoni (hesperetin, hesperitin, naringin, naringenin, fustin, aromadendrin), halkoni (florethin, florizin, butein, dihidrihalkon), izoflavoni (3-fenilkromon, genistein, genistin, puerarin), antocianidini (antocianini, pelargonidin, cianidin, delfinidin), auroni (aureusidin), biflavoni (amentoflavan, hinokiflavan), neoflavonoidi, flavonolignani.

Flavonoidi se lahko razvrščajo glede na njihovo kemijsko strukturo na osnovi stopnje oksidacije  $C_3$  mosta med aromatskima obročema.

Poznamo več skupin flavonoidov (LUTHAR 1992a):

antocianidini (pelargonidin, cianidin), flavoni (tangeritin, luteolin, apigenin, viteksin, izoviteksin), flavonoli (kvercetin, kemferol, rutin, kvercitrin, miricetin, ramnazin, izoramnetin), izoflavoni (genistein, glicitein), flavanoli (katehin, epikatehin, katehin 3-galat, epikatehin 3-galat),

flavanoni (hesperetin, erodiktiool, naringenin, hesperidin),  
flavanonoli,  
halkoni in  
auroni.

Flavonoidi so skupine sekundarnih metabolitov v rastlinah, ki se jim v zadnjem času posveča mnogo pozornosti zaradi njihovega potencialnega antioksidativnega, antimikrobnega, antivirusnega, antivnetnega, antialergijskega in antikancerogenega delovanja (Russo in sod. 2000, ANTHONI in sod. 2008). Flavonoidi kažejo tudi zaščitni učinek pri cepitvi oziroma pri poškodbah DNK verig. Njihova uporaba se širi v medicino, farmacijo, kozmetiko in tudi v prehrano (ANTHONI in sod. 2008). Žal pa je uporaba nekaterih omejena zaradi njihove nizke topnosti in stabilnosti tako v lipofilnih kot v vodnih medijih. Zato se raziskujejo različne metode njihove boljše dostopnosti (ANTHONI in sod. 2008).

#### 1.5.1 Rutin

Rutin ( $C_{27}H_{30}O_{16}$ ) je flavonoid, spada med flavonole. Rutin, kvercetin-3-rutinozid, je v vodi topni glikozid z dobro raziskanimi lastnostmi (BRIGGS in sod. 2004). Na osnovno strukturo flavona s 15 C atomi je vezan disaharid rutinoza (ramnoza in glukoza) (sliki 2 in 3). Sladkor je vezan na  $C_3$  atom.

Rutin rastline štiti pred UV sevanjem (GABERŠČIK in sod. 2002, ROZEMA in sod. 2002). Nahaja se v mnogih rastlinah, a le malo rastlin je pomembno uporabnih v prehrani ljudi. Ekološki faktorji, kot je UV sevanje, lahko pomembno vplivajo na vsebnost rutina v rastlinah (KREFT in sod. 1999, S. KREFT in sod. 2002).

Rutin je glavni bioflavonoid v ajdi (VOMBERGAR 2010). Z encimi, ki razgrajujejo rutin, se le-ta pretvori v kvercetin in rutinozo (LUKŠIČ in sod. 2016ab).

#### 1.5.2 Kvercetin

Kvercetin ( $C_{15}H_{10}O_7$ ) je flavonoid, spada v skupino flavonolov. Ima obliko aglikona. Z vezavo monosaharida ramnoze kot  $R_4$  na  $C_3$  atom nastane kvercitrin, z vezavo disaharida rutinoze na  $C_3$  atom (kot  $R_4$ ) pa rutin.

Tudi kvercetin se v nadaljnjih procesih razgrajuje oziroma iz njega nastajajo različni metaboliti, na primer 3'-O-metilkvercetin, kvercetin-3'-O-sulfat, kvercetin-3'-glukuronid, 3'-O-metilkvercetin-7-glukuronid.

Kvercetin se v tkivih ob različnih vplivih razgrajuje v biokemijskih reakcijah (COSTA in sod. 2008).

#### 1.5.3 Flavonoidi v ajdi

Različni kultivarji ajde imajo lahko različno vsebnost rutina. O tem sta poročala že OHSAWA & TSUTSUMI (1995). Vsebnost rutina je odvisna od genotipa ajde, rastnih razmer, razvojnih faz, vremenskih razmer ter leta žetve. Že HAGELS (1999a) je objavil kar nekaj podatkov o rutinu in sekundarnih metabolitih v ajdi. Tatarska ajda vsebuje več rutina kot navadna ajda (SUZUKI in sod. 2002, FABJAN in sod. 2003, LIN 2004, ASAMI in sod. 2007, FABJAN 2007).

KREFT in sod. (2006) ugotavljajo, da različne vrste ajde lahko vsebujejo različno količino rutina. Vsebnost rutina v rastlinah je torej odvisna od vrste ajde, tudi od sorte in od drugih faktorjev (okolja rasti, nadmorske višine, drugih faktorjev). V različnih delih rastline je tudi različna vsebnost rutina (KREFT in sod. 2006). Največ rutina je pri ajdi v socvetjih ter v steblih in listih (HAGELS 1999a, B. J. PARK in sod. 2004). V semenih je manj rutina kot v listih, seveda pa je nekaj rutina tudi v ajdovih mokah, v temnejših več kot v svetlejših. Vsebnost rutina variira tako v rastlinah kot v semenih, odvisna pa je od genotipa ter tudi od rastnih razmer.

Vsebnost flavonoida rutina v steblih, listih in cvetovih so preučevali KREFT in sod. (1999) in ugotovili najvišjo vsebnost v cvetovih (46 g/kg SS), sledijo stebila (1 g/kg SS) in listi (0,3 g/kg SS).

Spremljanje 7 kultivarjev navadne ajde na 12 lokacijah in 7 kultivarjev tatarske ajde posejane na 10 lokacijah je pokazalo, da ima tatarska ajda višjo vsebnost rutina v vseh delih rastline (cvetovih, listih, steblih, koreninah in semenih) kakor navadna ajda in ajda *Fagopyrum cymosum*, zadnja pa ima vseeno višje vrednosti kot navadna ajda. Vsebnost rutina je v rastlini običajno najvišja v cvetovih, sledijo listi, semena in steblo, najnižja vsebnost pa je v koreninah (B. J. PARK in sod. 2004). Analize vsebnosti rutina kažejo nižje vrednosti pri navadnih ajdah (0,391–0,502 %) kot pri tatarskih ajdah (0,868–1,334 %). Vsebnost rutina je v zrnih od 22,6 mg/100 g pri navadni ajdi ter do 1469,8 mg/100 g pri tatarski ajdi (B. J. PARK in sod. 2004, M. KREFT 2016, I. KREFT in sod. 2016ab). Vsebnost rutina v cvetovih je v tatarski ajdi približno 2-krat višja kot v semenih, medtem ko je v cvetovih navadne ajde celo 15-krat več rutina kot v semenih.

Vsebnost flavonoidov v kalih tatarske ajde (v prvih desetih dneh kaljenja in rasti) so preučevali KIM in sod. (2007) ter ZHANG in sod. (2015). Dokazali so prisotnost klorogene kisline ter flavonoidov orientina, izoorientina, viteksina, izoviteksina ter rutina in kvercetina. Ugotavljajo, da je vsebnost flavonoidov v kalih 3 do 31-krat višja kot v koreninah in perikarpu (KIM in sod. 2007).

Vsebnost rutina v rastlinah treh tatarskih ajd (izvor Butan, ZDA in neznan) so preučevali tudi ŠROČKOVÁ in sod. (2009). Med seboj so primerjali tri analitične metode za analitiko rutina in sicer dve spektrofotometrični (AOAC metodo ter z  $\text{AlCl}_3$ ) ter kromatografsko (HPLC). V rastlinah so določili od 16,12–34,23 mg rutina/100 g SS. Ugotavljajo nekoliko višje rezultate s spektrofotometričnimi analizami. Tudi S. KREFT in sod. (2002) so primerjali enake tri metode ter ugotovili prav tako nekoliko višje rezultate flavonoidov s spektrofotometričnimi metodami (okoli 30 % višje kot pri HPLC). Te pripisujejo nekoliko manjši selektivnosti  $\text{AlCl}_3$ , saj  $\text{AlCl}_3$  reagira tudi z drugimi flavonoidi v vzorcih, ki pa so pri HPLC vidni. Prednost pri analitiki rastlinskih vzorcev dajejo metodi z  $\text{AlCl}_3$  pred uradno AOAC metodo, ki se uporablja za analize rutina v tabletah, saj ta metoda kaže še bistveno višje rezultate rutina.

GADŽO in sod. (2009) so preučevali flavonoide v kalicah (suhih in zmletih) ter mladih rastlinah tatarske in navadne ajde. V kalicah in mladih rastlinah tatarske ajde so ugotovili višjo količino flavonoidov kot v navadni ajdi (v kalicah tatarske ajde so ugotovili 24 g/kg SS, v mladih rastlinah tatarske ajde 16 g/kg SS, v mladih rastlinah navadne ajde 'darje' 7 g/kg SS in v mladih rastlinah navadne ajde 'bosanka' 19 g/kg SS). Podobne rezultate vsebnosti flavonoidov v kalicah so že ugotovili tudi JANOVSKÁ in sod. (2009). Preučevali so celokupne flavonoide, rutin, kvercetin in kemferol v kalicah navadne in tatarske ajde in ugotovili bistveno večjo vsebnost celokupnih flavonoidov v kultivarjih tatarske ajde (10–15,5 mg/g SS) kot navadne ajde (0,02–1,6 mg/g SS), enako pa velja tudi za vsebnost rutina (tatarska ajda 10,4–14,5 mg/g SS, navadna ajda 0–1 mg/g SS) in kvercetina.

**Preglednica 2: Vsebnost flavonoidov v rastlinah ajde**

**Table 2: Flavonoid content in buckwheat plants**

| Vrsta ajde                    | Vzorec          | Vsebnost flavonoidov                       | Reference               |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|-------------------------|
| Tatarska ajda                 | mlade rastline  | 10–15,5 mg/g SS                            | JANOVSKÁ in sod. (2009) |
| Navadna ajda                  | mlade rastline  | 0,02–1,6 mg/g SS                           | JANOVSKÁ in sod. (2009) |
| Navadna ajda                  | rastline        | 37,6 µg/mg                                 | GHIMERAY in sod. (2009) |
| Tatarska ajda                 | rastline        | 38,1 µg/mg                                 | GHIMERAY in sod. (2009) |
| Tatarska ajda                 | mlade rastline  | 16 g/kg                                    | GADŽO in sod. (2009)    |
| Navadna ajda 'darja'          | mlade rastline  | 7 g/kg                                     | GADŽO in sod. (2009)    |
| Navadna ajda 'bosanka'        | mlade rastline  | 19 g/kg                                    | GADŽO in sod. (2009)    |
| Navadna ajda                  | listi<br>steblo | 14,85 g/100 g SS<br>3,33 g/100 g SS        | OŽBOLT in sod. (2008)   |
| Navadna ajda - tema<br>- dan  | kaljena semena  | 0,23–0,73 mg/g SS<br>0,07–0,60 mg/g SS     | STEHNO in sod. (2009)   |
| Tatarska ajda - tema<br>- dan | kaljena semena  | 11,80–18,37 mg/g SS<br>11,05–16,80 mg/g SS | STEHNO in sod. (2009)   |
| Navadna ajda                  | kalice          | 25,9–28,7 mg/g SS                          | KIM in sod. (2008)      |
| Tatarska ajda                 | kalice          | 24,4 mg/g SS                               | KIM in sod. (2008)      |

**Preglednica 3: Vsebnost flavonoidov v zrnju, luščinah in mlevskih frakcijah ajde**

**Table 3: Flavonoid content in buckwheat grain, husks and milling fractions**

| Vrsta ajde                        | Vzorec  | Vsebnost flavonoidov                                      | Reference                         |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Navadna ajda                      | zrnje   | 18,8 mg/100 g SS                                          | DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999) |
| Navadna ajda                      | zrnje   | 0,04 %                                                    | JIANG in sod. (2007)              |
| Navadna ajda                      | zrnje   | 24,4 µg/mg                                                | GHIMERAY in sod. (2009)           |
| Navadna ajda<br>12 linij križanja | zrnje   | Flavonoli 0–50 mg/100 g SS<br>Flavanoli 15–75 mg/100 g SS | ÖLSCHLÄGER in sod. (2004)         |
| Ajda <i>F. homotropicum</i>       | zrnje   | 0,35 %                                                    | JIANG in sod. (2007)              |
| Tatarska ajda                     | zrnje   | 142,2 µg/mg                                               | GHIMERAY in sod. (2009)           |
| Tatarska ajda                     | zrnje   | 2,04 %                                                    | JIANG in sod. (2007)              |
| Navadna ajda                      | moka    | 0,313 %                                                   | QUETTIER-DELEU in sod. (2000)     |
| Navadna ajda                      | luščine | 74 mg/100 g SS                                            | DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999) |

|                                |                                     |                                                      |                           |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|
| Navadna ajda (različne sorte)  | luščine                             | 102,1–151,5 mg/100 g                                 | DIETRYCH-SZOSTAK (2004)   |
| Navadna ajda 12 linij križanja | luščine                             | Flavonoli 25–250 mg/100 g<br>Flavanoli 4–66 mg/100 g | ÖLSCHLÄGER in sod. (2004) |
| Navadna ajda                   | mlevske frakcije (16 frakcij)       | 2,35–135,4 mg/100 g                                  | HUNG & MORITA (2008)      |
| Navadna ajda                   | kruh (pšen.+ajdova moka 9:1 do 1:1) | 7,76–26,9 mg/kg                                      | BOJŇANSKÁ in sod. (2009)  |
| Tatarska ajda iz Koreje        | kalice v prahu                      | 24 g/kg                                              | GADŽO in sod. (2009)      |

Vpliv dnevne svetlobe in teme na vsebnost celokupnih flavonoidov ter tudi rutina, kvercetina in kemferola v kalečih semenih navadne in tatarske ajde so preučevali STEHNO in sod. (2009). Ugotovili so bistveno višjo vsebnost flavonoidov in rutina v kalicah tatarske ajde, kaljenih pri dnevni svetlobi, kot pri navadni ajdi, kaljeni v enakih razmerah. Poročajo, da je v kalicah tatarske ajde 14000–18000 µg rutina/g, 50–600 µg kvercetina/g ter 12–18 mg/g SS celokupnih flavonoidov, v kalicah navadne ajde pa 50–1000 µg rutina/g, pod 0,06 µg kvercetina/g ter 0,07–0,7 mg/g SS celokupnih flavonoidov.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali vsebnost rutina in celokupnih flavonoidov v navadni in tatarski ajdi in sicer v rastlinah, v kalicah pri različni temperaturi kaljenja ter pri rastlinah z različnim namakanjem; ugotovili so razlike med navadno in tatarsko ajdo ter tudi pri različnih pogojih kaljenja in namakanja.

ZHOU in sod. (2015) ter YOON in sod. (2009) so preučevali vsebnost antioksidantov v kalicah navadne in tatarske ajde in ugotovili 2,54 % rutina in 0,022 % kvercetina v kalicah tatarske ajde ter 0,005 % klorogenske kisline. V navadni ajdi pa je vsebnost v kalicah bistveno nižja (0,02 % rutina, 0,001 % kvercetina in 0,001 % klorogenske kisline). BRIGGS in sod. (2004) poročajo o različni vsebnosti rutina v navadni in tatarski ajdi. V vzorcih navadne ajde so določili 0,058 g rutina/100 g zrn, v vzorcih tatarske ajde pa več kot 100-krat več (1,834–1,972 g rutina/100 g zrn). Različni kultivarji tatarske ajde se v vsebnosti rutina med seboj skoraj ne razlikujejo. O veliki razliki v vsebnosti rutina med navadno in tatarsko ajdo poročajo tudi FABJAN in sod. (2003), vsebnost rutina pa se lahko razlikuje tudi v različnih vzorcih tatarske ajde (FABJAN 2007).

Primerjava vsebnosti rutina v semenih tatarske ajde v 7 različnih geografskih regijah pokaže najvišjo vsebnost rutina v tatarski ajdi v Butanu, sledi Slovenija (2139,7 mg/100 g oz. 1938,2 mg/100 g), v vseh ostalih regijah je vsebnost rutina nižja (1199,4–1511,5 mg/100 g) (B. J. PARK in sod. 2004). Primerjava rutina v listih tatarske ajde pa pokaže najvišje vsebnosti rutina v Bu-

tanu (5320 mg/100 g), sledijo Indija in Kitajska (4259,6 mg/100 g oz. 4100 mg/100 g), na Japonskem, v Nepal, Pakistanu in Sloveniji pa so določili nižje vsebnosti rutina v listih (2331,5–3900 mg/100 g).

O vsebnosti rutina v zrnju v 28 navadnih ajdah in 3 tatarskih ajdah poročata tudi BRUNORI & VÉGVÁRI (2007) in ugotavljata veliko variabilnost v vsebnosti rutina med vzorci navadnih ajd, ki so rasle v različnih geografskih legah (na planoti Sila v Kalabriji in v gorskem predelu Pollino). Po pričakovanju so tudi tu večje razlike v vsebnosti rutina med navadno in tatarsko ajdo, saj jih tatarska ajda vsebuje več.

SUZUKI in sod. (2004) so preučevali vsebnost rutina v moki 14 kultivarjev navadnih ajd na Japonskem ter ugotovili 0,064–0,337 mg/100 g rutina v vzorcih mok. Vsebnost rutina je lahko v različnih kultivarjih različna, razlika je lahko tudi za petkratno vrednost. Pet kultivarjev ajde, od 14-ih preiskovanih, ima vsebnost rutina nad 0,3 mg/100 g moke.

ASAMI in sod. (2007) so preučevali vsebnost rutina in kvercetina v 12 vzorcih navadne ajde in v 3 vzorcih tatarske ajde. Vsebnost rutina v vzorcih mok iz navadne ajde je 7,5–22,5 mg/100 g, vsebnost rutina v vzorcih mok iz tatarske ajde pa je okoli stokrat višja.

Vsebnost kvercetina v 12 vzorcih navadne ajde je nizka (okoli 1 mg/100 g moke), medtem ko je v vzorcih tatarske ajde okoli stokrat višja. Razmerje med rutinom in kvercetinom je v obeh ajdah (navadni in tatarski ajdi) približno enako v korist rutina. ASAMI in sod. (2007) ugotavljajo značilno razliko med vzorci navadne in tatarske ajde v vsebnosti rutina in kvercetina.

DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999) sta izolirala 6 flavonoidov v zrnih navadne ajde – rutin, orientin, viteksin, kvercetin, izoviteksin in izoorientin, od tega rutin in izoviteksin v oluščeni zrnih, vseh šest pa v luščinah. Celokupna vsebnost flavonoidov v oluščeni zrnih je 18,8 mg/100 g SS, v luščinah pa 74 mg/100 g SS. Vsebnost flavonoidov v luščinah je nekajkrat višja kot v zrnju, zato so luščine lahko poceni vir flavonoidov in naravnih antioksidantov (DIETRYCH-SZOSTAK 2004). Ista avtorica je raziskovala vsebnost flavonoidov v aj-

dovih zrnih v 5 poljskih sortah 'emka', 'hrusowska', 'kora', 'luba', 'panda'. Najvišjo vsebnost flavonoidov so določili v luščinah ajde 'luba' 151,5 mg/100 g, najnižjo pa v luščinah 'emke' in 'pande' 102,1–102,5 mg/100 g. Vsebnost rutina je prav tako najvišja v luščinah ajde 'luba' 79,98 mg rutina/100 g, najnižja pa v sorti 'emka' 46,1 mg rutina/100 g. Vsebnost kvercetina je v vseh vzorcih le v sledovih, od 7 mg kvercetina/100 g v sorti 'hrusowska' do najmanj 0,71 mg kvercetina/100 g v sorti 'luba'. DIETRICH-SZOSTAK (2004) poroča, da so podobne rezultate o vsebnosti kvercetina v ajdi 'la Harpe' (0,6 mg/100 g) dobili tudi QUETTIER-DELEU in sodelavci (2000).

LIU & ZHU (2007) so določili 2,42 % celokupnih flavonoidov v celem zrnu tatarske ajde 'jingqiao2', po mletju in presejanju pa frakcija luščin vsebuje 1,53 % celokupnih flavonoidov, mlevska frakcija iz zunanjega alevronskega dela z nekaj delčki otrobov in luščin pa kar 7,16 % celokupnih flavonoidov. Vsebnost flavonoidov v moki iz centralnega endosperma je bistveno nižja. Glavni flavonoid v tatarski ajdi je rutin, so prav tako v svoji raziskavi ugotovili LIU & ZHU (2007).

Luščenje zrn z različnimi toplotnimi postopki in različnimi temperaturnimi režimi povzroči drastično znižanje celokupnih flavonoidov v oluščeni zrnih, tudi za 75 %.

**Preglednica 4: Vsebnost rutina in kvercetina v rastlinah ajde**

**Table 4: Rutin and quercetin content in buckwheat plants**

| Vrsta ajde                                       | Vzorec                                                 | Vsebnost rutina                                                                     | Vsebnost kvercetina                 | Reference                 |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Tatarska ajda                                    | mlado zeleno listje                                    | 10,4–14,5 mg/g SS                                                                   | pod 0,01 mg/g SS                    | JANOVSKÁ in sod. (2009)   |
| Navadna ajda                                     | mlado zeleno listje                                    | 0–1 mg/g SS                                                                         | 0                                   | JANOVSKÁ in sod. (2009)   |
| Navadna ajda<br>tema<br>dan                      | kaljena semena                                         | 134,1–255,1 µg/g<br>50,2–1072,1 µg/g                                                | pod 0,06 µg/g<br>pod 0,02 µg/g      | STEHNO in sod. (2009)     |
| Tatarska ajda<br>tema<br>dan                     | kaljena semena                                         | 9862–16635 µg/g<br>5646–18770 µg/g                                                  | 49,9–405,0 µg/g<br>168,9–595,7 µg/g | STEHNO in sod. (2009)     |
| Navadna ajda                                     | semena<br>3 dni kaljena semena<br>7 dni kaljena semena | 17,2–17,7 mg/100 g SS<br>78,3–80,2 mg/100 g SS<br>327,7–363,1 mg/100 g SS           |                                     | LEE in sod. (2004)        |
| Navadna ajda                                     | kaljena semena                                         | 36,6 mg/100 g SS                                                                    |                                     | PAULÍČKOVÁ in sod. (2004) |
| Navadna ajda                                     | rastline                                               | 273 mg/100 g                                                                        |                                     | GHIMERAY in sod. (2009)   |
| Tatarska ajda                                    | rastline                                               | 294 mg/100 g                                                                        |                                     | GHIMERAY in sod. (2009)   |
| Tatarska ajda (ZDA)                              | rastline                                               | 19,01–34,23 mg/100 g SS                                                             |                                     | ŠTOČKOVÁ in sod. (2009)   |
| Tatarska ajda (Butan)                            | rastline                                               | 16,12–23,02 mg/100 g SS                                                             |                                     | ŠTOČKOVÁ in sod. (2009)   |
| Tatarska ajda<br>(neznan izvor)                  | rastline                                               | 18,96–26,23 mg/100 g SS                                                             |                                     | ŠTOČKOVÁ in sod. (2009)   |
| Navadna ajda 'darja'<br>(zmanjšano UV B sevanje) | kalice                                                 | 3,12 mg/g                                                                           |                                     | GERM in sod. (2009)       |
| Tatarska ajda (Koreja)                           | kalice v prahu                                         | 23,62 mg/g                                                                          | sledovi                             | GERM in sod. (2009)       |
| Tatarska ajda (Koreja)                           | kalice v prahu<br>(ekstrakt)                           | 0,157 mg/g                                                                          | sledovi                             | GERM in sod. (2009)       |
| Navadna ajda                                     | listi, cvetovi                                         | 2–10 %                                                                              |                                     | KREFT in sod. (1999)      |
| Navadna ajda                                     | listi, cvetovi                                         | 2–10 %                                                                              |                                     | HAGELS (1999a)            |
| Tatarska ajda                                    | kalice                                                 | 2,54 % na SS                                                                        | 0,022 %                             | YOON in sod. (2009)       |
| Navadna ajda                                     | listi<br>stebila<br>cvetovi                            | 300 ppm<br>1000 ppm<br>46000 ppm                                                    |                                     | KREFT in sod. (1999)      |
| Navadna ajda                                     | cvet<br>list<br>steblo<br>korenina<br>seme             | 372,8 mg/100 g<br>115,6 mg/100 g<br>17,4 mg/100 g<br>10,1 mg/100 g<br>22,6 mg/100 g |                                     | PARK in sod. (2004)       |

|                        |                                             |                                                                                          |                                   |                               |
|------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Tatarska ajda          | cvet<br>list<br>steblo<br>korenina<br>seme  | 3518,6 mg/100 g<br>2876,0 mg/100 g<br>482,6 mg/100 g<br>22,3 mg/100 g<br>1469,8 mg/100 g |                                   | PARK in sod. (2004)           |
| Ajda <i>F. cymosum</i> | cvet<br>list<br>steblo<br>korenina<br>seme  | 1588,1 mg/100 g<br>915,2 mg/100 g<br>17,4 mg/100 g<br>–<br>453,3 mg/100 g                |                                   | PARK in sod. (2004)           |
| Navadna ajda<br>7 vrst | steblo<br>listi<br>cvetovi                  | 0,55–0,97 g/100 g SS<br>5,5–6,88 g/100 g SS<br>5,86–7,65 g/100 g SS                      |                                   | KALINOVÁ & DADÁKOVÁ<br>(2004) |
| Navadna ajda           | korenina<br>listi<br>mlade rastline<br>cvet | 43,6 mg/100 g SS<br>4001,1 mg/100 g SS<br>1792 mg/100 g SS<br>1272 mg/100 g SS           |                                   | PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)     |
| Navadna ajda           | seme<br>kaljeno seme<br>kalice              | 0,2 mg/g SS<br>0,2–0,3 mg/g SS<br>3,8 – 4,9 mg/g SS                                      | PMD<br>PMD<br>PMD                 | KIM in sod. (2008)            |
| Tatarska ajda          | seme<br>kaljeno seme<br>kalice              | 14,1 mg/g SS<br>15,1 mg/g SS<br>21,8 mg/g SS                                             | PMD<br>0,1 mg/g SS<br>0,1 mg/g SS | KIM in sod. (2008)            |

PMD – pod mejo določljivosti

OOMAH & MAZZA (1996) sta že leta 1996 poročala o rutinu v luščinah kultivarjev navadne ajde iz Kanade (50,5–97,4 mg/100 g) ter v olušenih zrnih (le 4,2–51,1 mg rutina/100 g); WATANABE in sod. (1997) pa poročajo o določitvi več flavonoidov (rutin – 4,3 mg/100 g, kvercetin, viteksin, izoviteksin, celo hiperin – 5 mg/100 g) v japonski ajdi 'iwate zairai'.

Rutin se nalaga v luščinah navadne ajde (0,8–4,4 g/kg). Koncentracija rutina v kaši je nizka (0,2–0,3 g/kg), nekoliko višja pa v otrobih (0,7–0,8 g/kg) (STEADMAN in sod. 2001b). Vsebnost rutina v tatarski ajdi je tristostrat višja, v kaši tatarske ajde ga je kar 81 g/kg. V navadni in tatarski ajdi so določili le manjše količine kvercetina.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali tudi vsebnost rutina in celokupnih flavonoidov v navadni in tatarski ajdi. Razlike v vsebnosti rutina in celokupnih flavonoidov v zrnih so očitne (rutin: navadna ajda 76 mg rutina/100 g, tatarska ajda 1197 mg rutina/100 g; celokupni flavonoidi: navadna ajda 24 µg/mg, tatarska ajda 142 µg/mg).

Vsebnost flavonoida rutina v mlevskih frakcijah ajde so ugotavljali že KREFT in sod. (1999). V moki je vsebnost rutina nizka (19–168 mg/kg), nekoliko višja pa je v frakciji otrobov (131–476 mg/kg). Rezultati nakazujejo možnost uporabe delov ajde kot prehransko dopolnilo za višji vnos flavonoidov v deželah, kjer je dnevni vnos nizek.

ŠKRABANJA in sod. (2004) ter BONAFACCIA in sod. (2003a, 2003b) so ugotovili, da se frakcije zrn ajde med seboj zelo razlikujejo po vsebnosti primarnih in sekundarnih metabolitov. To je bilo podrobneje preučeno za navadno ajdo (ŠKRABANJA in sod. 2004), ne pa še podrobno za tatarsko ajdo.

ŠKRABANJA in sod. (2004) navajajo vsebnost 29,5 ppm rutina v frakciji luščin, zelo podobne vsebnosti pa ugotavljajo tudi v zelo finih mokah nizkih granulacij (19,2–81,6 ppm). V finih in grobih zdrobih (višje granulacije) vsebnost rutina narašča (131,9–259,5 ppm), v otrobih pa je od 326,8 do 476,9 ppm.

SHAN in sod. (2004) poročajo o sorazmerno visoki vsebnosti celokupnih flavonoidov v ajdovi moki (0,18–0,24 %), predvsem pa v otrobih (6,71–7,56 % v SS). Podobno poročajo mnogi drugi avtorji. Vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah je po rezultatih HUNGA & MORITE (2008) od 23,5 do 1354,1 µg/g moke. S flavonoidi bogatejše so zunanje plasti ajdovih zrn. Flavonoidi se v ajdovih zrnih nahajajo v večjem deležu v vezani obliki, zato je potrebno za uspešnejšo ekstrakcijo opraviiti alkalno, kislno ali encimsko razgradnjo.

HUNG & MURITA (2008) sta raziskovala vsebnost celokupnih flavonoidov in rutina v 16 mlevskih frakcijah ajde. Zunanje plasti zrn ajde imajo višjo prehransko vrednost zaradi višje vsebnosti fenolov in flavonoidov. Njihova vsebnost je v frakcijah mok iz zunanjih plasti zrn bistveno višja. Vsebnost rutina v frakcijah iz

**Preglednica 5: Vsebnost rutina in kvercetina v zrnju navadne in tatarske ajde po podatkih več avtorjev****Table 5: Rutin and quercetin content in common and Tartary buckwheat grain according to results of different re-search studies**

| Vrsta ajde                                           | Vzorec          | Vsebnost rutina       | Vsebnost kvercetina | Reference                  |
|------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 76 mg/100 g           |                     | GHIMERAY in sod. (2009)    |
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 76 mg/100 g           |                     | GHIMERAY in sod. (2009)    |
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 20 mg/100 g           |                     | JIANG in sod. (2007)       |
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 0,0584 g/100 g        |                     | BRIGGS in sod. (2004)      |
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 12,2–13,6 mg/100 g SS |                     | MORISHITA in sod. (2007)   |
| Navadna ajda                                         | zrnje z luščino | 500–800 mg/kg SS      |                     | HAGELS (1999a)             |
| Navadna ajda                                         | zrnje z luščino | 12,6 mg/100 g SS      |                     | PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)  |
| Navadna ajda 'darja', 'siva'                         | zrnje           | 272–341 mg/kg SS      | 0                   | FABJAN (2007)              |
| Navadna ajda 'darina', 'siva', 'darja'               | zrnje           | 115–181 mg/kg SS      |                     | KREFT in sod. (2006)       |
| Navadna ajda - različne sorte                        | zrnje           | 0,1–0,92 %            |                     | YU & LI (2007)             |
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 17,2–17,7 mg/100 g SS |                     | LEE in sod. (2004)         |
| Navadne ajde – 7 sort                                | zrnje           | 0,3915–0,5205 %       |                     | YAN in sod. (2004)         |
| Navadna ajda iz Kanade                               | zrnje           | 44,2–51,1 mg/100 g    |                     | OOMAH & MAZZA (1996)       |
| Ajda 'pyra' (diploidna)                              | zrnje           | 27,9 mg/100 g         |                     | MICHALOVÁ in sod. (2001)   |
| Ajda 'emka' (tertaploidna)                           | zrnje           | 11,7 mg/100 g         |                     |                            |
| Ajda <i>F. homotropicum</i>                          | zrnje           | 0,10 %                |                     | JIANG in sod. (2007)       |
| Navadna ajda                                         | zrnje           | 0,01 % /SS            | 0                   | FABJAN in sod. (2003)      |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 0,8–1,7 % /SS         | sledovi             | FABJAN in sod. (2003)      |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 1,83–1,97 g/100 g     |                     | BRIGGS in sod. (2004)      |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 1669 mg/100 g         |                     | JIANG in sod. (2007)       |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 1197 mg/100 g         |                     | GHIMERAY in sod. (2009)    |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 1808–1853 mg/100 g SS |                     | MORISHITA in sod. (2007)   |
| Tatarska ajda – različne sorte                       | zrnje           | 1,19–2,91 %           |                     | YU & LI (2007)             |
| Tatarska ajda – 7 vrst                               | zrnje           | 0,869–1,334 %         |                     | YAN in sod. (2004)         |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 1197 mg/100 g         |                     | GHIMERAY in sod. (2009)    |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 14698 mg/kg SS        |                     | PARK in sod. (2004)        |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 11994–21397 mg/kg SS  |                     | SUZUKI in sod. (2005ab)    |
| Tatarska ajda                                        | zrnje           | 8684–13341 mg/kg SS   |                     | CHAI in sod. (2004)        |
| Tatarska ajda – stara slov.sorta iz Krme (Slovenija) | zrnje           | 16700 mg/kg SS        |                     | KITABAYASHI in sod. (1995) |
| Tatarske ajde – več vzorcev iz Kitajske              | zrnje           | 8060–16633 mg/kg      | 473–900 mg/kg SS    | FABJAN (2007)              |
| Tatarske ajde – več vzorcev iz Luksemburga           | zrnje           | 6499–12900 mg/kg      | 493–503 mg/kg SS    | FABJAN (2007)              |
| Tatarska ajda iz Italije                             | zrnje           | 12148 mg/kg SS        | 0                   | FABJAN (2007)              |
| Tatarska ajda ShanXi                                 | zrnje           | 13378 mg/kg SS        | 0                   | FABJAN (2007)              |

**Preglednica 6: Vsebnost rutina in kvercetina v polizdelkih in izdelkih iz navadne ajde****Table 6: Rutin and quercetin content in common buckwheat products**

| Vrsta ajde                                | Vzorec                      | Vsebnost rutina         | Vsebnost kvercetina | Reference                              |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| Navadna ajda                              | zrnje brez luščin           | 447–510 mg/kg SS        |                     | OOMAH & MAZZA (1996)                   |
| Navadna ajda<br>'siva', 'darja', 'darina' | zrnje brez luščin<br>(kaša) | 115,9–181,9<br>mg/kg SS |                     | KREFT in sod. (2006)                   |
| Navadna ajda                              | zrnje brez luščin           | 17,8 mg/100 g SS        |                     | PAULÍČKOVÁ in sod. (2004)              |
| Navadna ajda 'siva'                       | kaša                        | 248 mg/kg SS            | 0                   | FABJAN (2007)                          |
| Navadna ajda                              | kaša surova                 | 230 mg/kg SS            |                     | KREFT in sod. (2006)                   |
| Navadna ajda                              | kaša (predhodno<br>kuhana)  | 87,9 mg/kg              |                     | KREFT in sod. (2006)                   |
| Navadna ajda<br>'manor', 'manchan'        | luščine                     | 840–4410<br>mg/kg SS    | 9–29 mg/kg SS       | STEADMAN in sod. (2001b)               |
| Navadna ajda                              | luščine                     | 29 mg/kg SS             |                     | KREFT in sod. (1999)                   |
| Navadna ajda                              | luščine                     | 43 mg/kg SS             | 25 mg/kg SS         | WATANABE in sod. (1997)                |
| Navadna ajda                              | luščine                     | 505–970 mg/kg SS        |                     | OOMAH & MAZZA (1996)                   |
| Navadna ajda                              | luščine                     | 30 mg/kg SS             |                     | ŠKRABANJA in sod. (2004)               |
| Navadna ajda                              | luščine                     |                         | 223–324 mg/kg SS    | DIETRYCH-SZOSTAK & OLE-<br>SZEK (1999) |
| Navadna ajda 'darja'                      | luščine                     | 547 mg/kg SS            | 0                   | FABJAN (2007)                          |
| Navadna ajda – 5 sort                     | luščine                     | 46,1–79,98 mg/100 g     | 0,7–7 mg/100 g      | DIETRYCH-SZOSTAK (2004)                |
| Navadna ajda<br>'La Harpe'                | luščine                     | 0,6 mg/100 g            |                     | QUETTIER-DELEU in sod.<br>(2000)       |
| Japonska navadna ajda<br>'Iwate'          | luščine                     | 4,3 mg/100 g            |                     | WATANABE in sod. (1997)                |
| Navadna ajda iz<br>Kanade                 | luščine                     | 50,5–97,4<br>mg/100 g   |                     | OOMAH & MAZZA (1996)                   |
| Navadna ajda                              | zrnje z luščino             |                         |                     | STEADMAN in sod. (2001b)               |
|                                           | -fina moka                  | 0,155 g/kg SS           | 0,002 g/kg SS       |                                        |
|                                           | -otrobi z luščino           | 0,697–0,784 g/kg SS     | 0,007–0,01 g/kg SS  |                                        |
| Navadna ajda                              | -otrobi brez luščine        | 0,536 g/kg SS           | 0,003 g/kg SS       | STEADMAN in sod. (2001b)               |
|                                           | zrnje brez luščine          |                         |                     |                                        |
|                                           | -kaša                       | 0,259 g/kg SS           | 0,002 g/kg SS       |                                        |
|                                           | -moka iz zrna               | 0,193 g/kg SS           | 0,001 g/kg SS       |                                        |
| Navadna ajda                              | -fina moka                  | 0,06–0,07 g/kg SS       | 0–0,001 g/kg SS     | STEADMAN in sod. (2001b)               |
|                                           | -otrobi                     | 0,465–0,503 g/kg SS     | 0,001–0,009 g/kg SS |                                        |
| Navadna ajda 'siva'                       | svetla moka                 | 19 mg/kg SS             |                     | KREFT in sod. (1999)                   |
|                                           | temna moka                  | 168 mg/kg SS            |                     |                                        |
| Navadna ajda                              | moka                        | 380–1010<br>mg/kg SS    |                     | QIAN in sod. (1999)                    |
| Navadna ajda                              | moka<br>luščine             | 98 mg/kg<br>456 mg/kg   |                     | QUETTIER-DELEU in sod.<br>(2000)       |
| Navadne ajde<br>'siva', 'darja'           | moka                        | 305–322 mg/kg SS        | 0                   | FABJAN (2007)                          |
| Navadne ajde -<br>14 vrst                 | moke                        | 0,06–0,39<br>mg/100 g   |                     | SUZUKI in sod. (2004)                  |
| Navadna ajda                              | moka iz zrnja               | 10–20 mg/100 g          | cca. 1 mg/100 g     | ASAMI in sod. (2007)                   |

|                      |                                                                                           |                                                                  |                    |                           |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Navadna ajda         | moka iz zrnja iz zunanjih plasti iz notranjih plasti                                      | 5,23–7,40 mg/kg<br>0,47–0,98 mg/kg                               |                    | PIAO & LI (2001)          |
| Navadna ajda         | moka iz zrnja iz zunanjih plasti iz notranjih plasti                                      | 308,9–403,5 µg/g<br>2,5–5,8 µg/g                                 |                    | HUNG & MORITA (2008)      |
| Navadna ajda         | japonska ajdova moka                                                                      | 12,7 mg/100 g                                                    |                    | DANILA in sod. (2007)     |
| Navadna ajda         | svetla moka                                                                               | 19–168 mg/kg SS                                                  |                    | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
| Navadna ajda         | svetla moka                                                                               | 112,8 mg/kg SS                                                   |                    | KREFT in sod. (2006)      |
| Navadna ajda         | temna groba moka                                                                          | 57–77 mg/kg SS                                                   |                    | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
| Navadna ajda         | temna moka                                                                                | 218 mg/kg                                                        |                    | KREFT in sod. (2006)      |
| Navadna ajda 'darja' | zdrob                                                                                     | 499 mg/kg SS                                                     | 0                  | FABJAN (2007)             |
| Navadna ajda         | fin zdrob                                                                                 | 132–260 mg/kg SS                                                 |                    | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
| Navadna ajda         | grob zdrob                                                                                | 195–236 mg/kg                                                    |                    | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
| Navadna ajda         | otrobi                                                                                    | 131–476 mg/kg                                                    |                    | KREFT in sod. (1999)      |
| Navadna ajda         | otrobi                                                                                    | 327–477 mg/kg SS                                                 |                    | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
| Navadna ajda 'darja' | otrobi                                                                                    | 646 mg/kg SS                                                     | 0                  | FABJAN (2007)             |
| Navadna ajda         | mlevske frakcije moke (10 frakcij)<br>zdrobi (6 frakcij)<br>otrobi (6 frakcij)<br>luščine | 19,2–168,2 ppm<br>131,9–259,5 ppm<br>326,8–476,9 ppm<br>29,5 ppm |                    | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
| Navadna ajda         | kolač iz ajdovega zdroba                                                                  | 13,6–21,2 mg/kg SS                                               |                    | IM in sod. (2003)         |
| Navadna ajda 'siva'  | keksi                                                                                     | 569 mg/kg SS                                                     | 0                  | FABJAN (2007)             |
| Navadna ajda         | keksi                                                                                     | 528 mg/kg SS                                                     | 0                  | FABJAN (2007)             |
| Navadna ajda         | rezanci                                                                                   | 78 mg/kg SS                                                      |                    | KREFT in sod. (2006)      |
| Navadna ajda         | rezanci - sveži                                                                           | 153 mg/kg SS                                                     |                    | KREFT in sod. (2006)      |
| Navadna ajda         | rezanci - posušeni                                                                        | 67 mg/kg SS                                                      |                    | KREFT in sod. (2006)      |
| Navadna ajda         | krispi z ajdo in česnom                                                                   | 75 mg/100 g                                                      |                    | PAULÍČKOVÁ in sod. (2004) |
| Tatarska ajda        | fermentirani izdelek iz ajde gochujang                                                    | 0,4–0,8 mg/100 g                                                 | 0,01–0,34 mg/100 g | HAN in sod. (2005)        |
| Navadna ajda         | kruh (pšenična + ajdova moka 9:1 do 1:1)                                                  | 7,76–26,9 mg/kg                                                  |                    | BOJŇANSKÁ in sod. (2009)  |

**Preglednica 7: Vsebnost rutina in kvercetina v polizdelkih in izdelkih iz tatarske ajde****Table 7: Rutin and quercetin content in Tartary buckwheat products**

| Vrsta ajde                                                | Vzorec                                                                      | Vsebnost rutina                     | Vsebnost kvercetina           | Reference                    |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Tatarska ajda                                             | zrnje brez luščin                                                           | 13610 mg/kg SS                      |                               | SOON-MI in sod. (2006)       |
| Tatarska ajda                                             | kaša                                                                        | 80940 mg/kg SS                      | 8 mg/kg SS                    | STEADMAN in sod. (2001b)     |
| "Rice"-tatarska ajda (tatarska ajda z okroglastimi zrnji) | zrnje brez luščin                                                           | 30000 mg/kg                         |                               | MUKASA in sod. (2009)        |
| Tatarska ajda Lux06                                       | kaša                                                                        | 5569 mg/kg SS                       | 0                             | FABJAN (2007)                |
| Tatarska ajda                                             | luščine                                                                     | 1387 mg/kg SS                       |                               | SOON-MI in sod. (2006)       |
| Tatarska ajda                                             | luščine                                                                     | 4370 mg/kg SS                       | 38 mg/kg SS ali 0,038 g/kg SS | STEADMAN in sod. (2001b)     |
| Tatarska ajda                                             | ekspandirana ajdova kaša                                                    | 40 mg/kg                            |                               | PARK in sod. (2000)          |
| Tatarska ajda                                             | ekspandirana ajdova kaša – mleta                                            | 50 mg/kg                            |                               | PARK in sod. (2000)          |
| Tatarska ajda                                             | kuhana ajdova kaša                                                          | 5 mg/kg SS                          |                               | PARK in sod. (2000)          |
| Tatarska ajda                                             | oluščeno zrno in voda (300-1500min)                                         | 27000 mg/kg                         |                               | MUKASA in sod. (2009)        |
| Tatarska ajda Lux01                                       | moka                                                                        | 6315 mg/kg SS                       | 0                             | FABJAN (2007)                |
| Tatarska ajda Lux04                                       | moka                                                                        | 5852 mg/kg SS                       | 0                             | FABJAN (2007)                |
| Tatarska ajda Lux05                                       | moka                                                                        | 5049 mg/kg SS                       | 0                             | FABJAN (2007)                |
| Tatarska ajda                                             | moka                                                                        | 30000 mg/kg                         |                               | MUKASA in sod. (2009)        |
| Tatarska ajda                                             | moka iz zrnja                                                               | 1200 mg/100 g                       | cca. 1 mg/100 g               | ASAMI in sod. (2007)         |
| Tatarska ajda                                             | moka                                                                        | 20421 mg/kg SS                      |                               | SOON-MI in sod. (2006)       |
| Tatarska ajda avtotetraploidna diploidna                  | moka<br>moka                                                                | 2,37 mg/100 g<br>1,41 mg/100 g      |                               | ZHAO in sod. (2001)          |
| Tatarska ajda iz Luksemburga                              | testo 2 – 600min                                                            | 5371–4779 mg/kg SS                  | 6503–7087 mg/kg SS            | FABJAN (2007)                |
| Tatarska ajda                                             | moka in voda (pod 100 min)                                                  | 5000 mg/kg                          |                               | MUKASA in sod. (2009)        |
| Ajda                                                      | stebila-slama<br>zrnje-sušeno z zmrz.<br>slama-7 dni stara - sušena z zmrz. | 3,43 mg%<br>17,23 mg%<br>363,09 mg% |                               | Y. S. KIM & J. G. KIM (2001) |
| Tatarska ajda                                             | keksi                                                                       | 5362 mg/kg SS                       | 3196 mg/kg SS                 | FABJAN (2007)                |
| Tatarska ajda (Luksemburg)                                | kruh                                                                        | sledovi                             | 4,99 mg/g                     | GERM in sod. (2009)          |

zunanjih plasti zrn je 308,9–403,5 µg/g, frakcije iz notranjih delov zrn pa so prehransko revnejše, vsebujejo le 2,5–5,8 µg/g moke. Na podoben način so razporejeni tudi flavonoidi. Najrevnejše s flavonoidi so mlevske frakcije iz notranjih plasti ajdovih zrn, najbogatejše pa mlevske frakcije iz zunanjih plasti. Vsebnost flavonoidov v mlevskih frakcijah je 5–140 mg/100 g, večina flavonoidov je prostih, le del pa vezanih. Tudi večina rutina je prostega, do okoli 20 % pa je lahko tudi vezanega (HUNG & MORITA 2008). O podobni razporeditvi rutina po frakcijah moke (moka iz zunanjih plasti 5,23–7,40 mg/g, moka iz srednjih plasti zrn 3,10–4,13 mg/g, moka iz notranjih plasti 0,47–0,975 mg/g) so poročali že PIAO & LI (2001).

Vsebnost rutina v kruhu iz tatarske ajde je 4,99 mg/g, vsebnost kvercetina pa je le v sledovih (GERM in sod. 2009).

### 1.6 Polifenoli v ajdi

Ajda je pomemben vir različnih polifenolov (LUTHAR 1992a). BONAFACCIA in sod. (2009) so preučevali polifenole in ugotovili v koreninah navadne ajde 1400 mg/100 g polifenolov in v koreninah tatarske ajde 1900 mg/100 g SS polifenolov. Preučevali so tudi polifenole v listih in ugotovili v listih navadne ajde 2800 mg/100 g SS in v listih tatarske ajde 3200 mg/100 g SS polifenolov.

BONAFACCIA in sod. (2009) so preučevali polifenole kalic navadne in tatarske ajde in določili od 2300

mg/100 g do 3800 mg/100 g suhe snovi polifenolov, manj v navadni in več v tatarski ajdi.

GADŽO in sod. (2009) so preučevali polifenole v kalichah ter mladih rastlinah tatarske in navadne ajde. Vsebnost polifenolov v kalichah in mladih rastlinah tatarske ajde je okoli 27 g/kg SS, v mladih rastlinah navadne ajde 'darja' 20 g/kg SS in 'bosanka' 38 g/kg SS.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali vsebnost celokupnih polifenolov v navadni in tatarski ajdi in sicer v rastlinah, kalichah pri različni temperaturi kaljenja ter pri rastlinah z različnim načinom namakanja. Ugotovili so, da je vsebnost celokupnih polifenolov različna med navadno in tatarsko ajdo (višja je vsebnost polifenolov pri tatarski ajdi) ter da se spreminja v kalichah in rastlinah v odvisnosti od razmer kaljenja in namakanja.

Ugotovljena vsebnost polifenolov (GADŽO in sod. 2009) v kalichah tatarske ajde, je 27,53 mg/g, v vodnem ekstraktu kalic (posušeno, v prahu) pa le 0,21 mg/g, kar nakazuje na morebitno pomembno povezavo ob stiku polifenolnih spojin z vodo. Vsebnost polifenolov v kruhu iz tatarske ajde je 8,74 mg/g.

Podobne rezultate so dobili tudi ASAMI in sod. (2007). Preučevali so vsebnost polifenolov in fitinske kisline v moki pri 12 vzorcih navadne ajde in 3 vzorcih tatarske ajde. Vsebnost polifenolov je v vzorcih navadne ajde okoli 300–400 mg/100 g moke, v vzorcih tatarske ajde pa okoli 800–1000 mg/100 g, kar je vsaj dvakrat več kot v navadni ajdi. Vsebnost fitinske kisline je okoli 1–2 mg/100 g ajdove moke, razlike med navadno in tatarsko ajdo niso velike. Ugotavljajo značil-

**Preglednica 8: Vsebnost polifenolov v rastlinah ajde**

**Table 8: Polyphenol content in buckwheat plants**

| Vrsta ajde              | Vzorec                                | Vsebnost polifenolov         | Reference                     |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Navadna ajda            | korenine                              | 1394 mg/100 g SS             | BONAFACCIA in sod. (2009)     |
| Tatarska ajda           | korenine                              | 1976 mg/100 g SS             | BONAFACCIA in sod. (2009)     |
| Navadna ajda            | listi                                 | 2865 mg/100 g SS             | BONAFACCIA in sod. (2009)     |
| Tatarska ajda           | listi                                 | 3251 mg/100 g SS             | BONAFACCIA in sod. (2009)     |
| Navadna ajda            | kalice                                | 3129 mg/100 g SS             | BONAFACCIA in sod. (2009)     |
| Tatarska ajda           | kalice                                | 3888 mg/100 g SS             | BONAFACCIA in sod. (2009)     |
| Tatarska ajda           | kalice                                | 0,0053 % (klorogenska kisl.) | YOON in sod. (2009)           |
| Tatarska ajda iz Koreje | kalice v prahu                        | 27 g/kg                      | GADŽO in sod. (2009)          |
| Tatarska ajda           | rastline                              | 96,5 µg/mg                   | GHIMERAY in sod. (2009)       |
| Tatarska ajda           | rastline                              | 109,8 µg/mg                  | GHIMERAY in sod. (2009)       |
| Tatarska ajda iz Koreje | kalice v prahu                        | 27,53 mg/g                   | GERM in sod. (2009)           |
| Tatarska ajda iz Koreje | kalice v prahu – raztopljeni ekstrakt | 0,213 mg/g                   | GERM in sod. (2009)           |
| Tatarska ajda           | mlade rastline                        | 27 g/kg                      | GADŽO in sod. (2009)          |
| Navadna ajda 'darja'    | mlade rastline                        | 20 g/kg                      | GADŽO in sod. (2009)          |
| Navadna ajda 'bosanka'  | mlade rastline                        | 38 g/kg                      | GADŽO in sod. (2009)          |
| Navadna ajda            | kalice v prahu                        | 670 mg/100 g SS              | ALVAREZ-JUBETE in sod. (2010) |

no razliko med vzorci navadne in tatarske ajde v vsebnosti polifenolov.

GHIMERAY in sod. (2009) so primerjali tudi vsebnost celokupnih polifenolov v zrnju navadne in tatarske ajde in ugotovili v navadni ajdi 113 µg/mg, v tatarski ajdi pa 208 µg/mg polifenolov (GHIMERAY in sod. 2009).

BONAFACCIA in sod. (2009) so preučevali polifenole v moki navadne in tatarske ajde in ugotovili nižjo vsebnost polifenolov pri navadni ajdi v primerjavi s tatarsko ajdo (v navadni ajdi 296 mg/100 g in 730 mg/100 g v tatarski ajdi).

Vsebnost polifenolnih spojin v otrobih ajde je preučevala STEADMAN in sod. (2001b). Polifenoli so v ajdi koncentrirani v otrobih (11–15 g/kg).

HUNG & MORITA (2008) sta preučevala vsebnost celokupnih fenolov v 16-ih mlevskih frakcijah ajde,

prejete s Kitajske. V mlevskih frakcijah je bilo 0,5–20 mg celokupnih fenolov/g moka. Frakcije, v katere so zmlete zunanje plasti ajdovih zrn, so bogatejše s celokupnimi fenoli, vsebujejo tudi do 30-krat več celokupnih fenolov kot frakcije izključno iz notranjih delov zrn (HUNG & MORITA 2008). Fenolne kisline so večinoma nameščene v zunanjih plasteh zrn v prosti obliki in se enostavno ekstrahirajo z raztopinami etanola ali metanola (HUNG & MORITA 2008).

MATILLA in sod. (2005) so preučevali celokupne fenolne kisline v zrnih žit in nepravih žit, otrobih, drobljencih, mokah in kosmičih. Fenolne kisline so hidroksilirani derivati benzojeve in cimetne kisline. Hidroksicimetne kisline so pogostejše kot hidroksibenzojeve kisline. Mnoge od teh kislin najdemo v žitnih izdelkih iz zrnja, najvidnejši predstavnik in tudi najpogostejša je ferulna kislina. Fenolne kisline se koncentrirajo v

**Preglednica 9: Vsebnost polifenolov v zrnju, polizdelkih in izdelkih iz navadne in tatarske ajde**

**Table 9: Polyphenol content in buckwheat grain and products from common and Tartary buckwheat**

| Vrsta ajde    | Vzorec                                                                       | Vsebnost polifenolov                                                     | Reference                 |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Navadna ajda  | zrnje                                                                        | 113 µg/mg                                                                | GHIMERAY in sod. (2009)   |
| Tatarska ajda | zrnje                                                                        | 208 µg/mg                                                                | GHIMERAY in sod. (2009)   |
| Navadna ajda  | moka iz zrnja                                                                | cca. 300–400 mg/100 g                                                    | ASAMI in sod. (2007)      |
| Navadna ajda  | moka                                                                         | 296 mg/100 g SS                                                          | BONAFACCIA in sod. (2009) |
| Tatarska ajda | moka iz zrnja                                                                | cca. 800–1000 mg/100 g                                                   | ASAMI in sod. (2007)      |
| Tatarska ajda | moka                                                                         | 738 mg/100 g SS                                                          | BONAFACCIA in sod. (2009) |
| Navadna ajda  | celo zrno<br>oluščeno zrno (kaša)<br>luščine                                 | 2,15 %<br>2,08 %<br>2,55 %                                               | KREFT in sod. (1994)      |
| Navadna ajda  | mlevske frakcije<br>10 frakcij                                               | 0,45–7,45 %                                                              | KREFT in sod. (1994)      |
| Navadna ajda  | zrnje z luščino<br>-fina moka<br>-otrobi z luščino<br>-otrobi brez luščine   | 1,36 g/kg SS<br>9,48–12,46 g/kg SS<br>8,17 g/kg SS                       | STEADMAN in sod. (2001b)  |
| Navadna ajda  | zrnje brez luščine<br>-kaša<br>-moka iz celega zrna<br>-fina moka<br>-otrobi | 2,44 g/kg SS<br>3,74 g/kg SS<br>1,13–1,24 g/kg SS<br>11,12–15,48 g/kg SS | STEADMAN in sod. (2001b)  |
| Navadna ajda  | mlevske frakcije<br>16 frakcij                                               | 100–2000 mg/100g                                                         | HUNG & MORITA (2008)      |
| Navadna ajda  | presejana moka, mlevske frakcije                                             | 0,5–20 mg/g                                                              | HUNG in sod. (2007)       |
| Navadna ajda  | drobljenec                                                                   | 248 mg/kg                                                                | MATILLA in sod. (2005)    |
| Navadna ajda  | bela moka surova                                                             | 1,79 mg/g (galna kislina)                                                | ŞENSOY in sod. (2006)     |
| Navadna ajda  | temna moka surova                                                            | 10,47 mg/g (galna kislina)                                               | ŞENSOY in sod. (2006)     |
| Navadna ajda  | termično obdelana moka                                                       | 0,25 %                                                                   | KREFT in sod. (1994)      |
| Navadna ajda  | testenine                                                                    | 0,24–0,28 %                                                              | KREFT in sod. (1994)      |
| Navadna ajda  | ekstrudirani izdelek                                                         | 0,12 %                                                                   | KREFT in sod. (1994)      |
| Navadna ajda  | bela moka pražena 200 °C 10 min                                              | 2,83 mg/g (galna kislina)                                                | ŞENSOY in sod. (2006)     |

|                               |                                                                                                      |                                                        |                               |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Navadna ajda                  | temna moka pražena<br>200 °C 10 min                                                                  | 8,9 mg/g (galna kislina)                               | ŠENSOY in sod. (2006)         |
| Navadna ajda                  | zrnje<br>kruh (riževa : ajdova moka 1:1)<br>kruh (ajdova moka in moka iz<br>posušenih ajdovih kalic) | 323 mg/100 g SS<br>64,5 mg/100 g SS<br>116 mg/100 g SS | ALVAREZ-JUBETE in sod. (2010) |
| Tatarska ajda<br>(Luksemburg) | kruh                                                                                                 | 8,74 mg/g                                              | GERM in sod. (2009)           |

zunajih plasteh zrn in so zanimive predvsem zaradi potencialne zaščitne vloge proti raku in boleznim srca. Pšenični in rženi otrobi imajo med žiti najvišjo vsebnost celokupnih fenolnih kislin, med vsemi pa vidno visoko količino ferulne kisline in njenih spojin. Ajdov drobljenec vsebuje več kavne kisline in p-hidroksi benzojeve kisline kot žita oziroma moka žit, otrobi in kosmiči. MATILLA in sod. (2005) ugotavljajo, da so pšenični in rženi otrobi vir alkilrezorcinolov, saj jih je v otrobih stokrat več kot v mokah istih žit, sicer pa so tudi pšenične in ržene moke vir alkilrezorcinolov. Avtorji izpostavijo, da je količina celokupnih alkilrezorcinolov podobna v pšenični in ajdovi moki, vendar pa so vrste alkilrezorcinolov v obeh mokah popolnoma različne. Alkilrezorcinoli so sorazmerno stabilni med predelavo zrnja, zato jih najdemo v večjih količinah v izdelkih iz polnozrnatih mok in iz celih žitnih zrn. Alk(en)ilrezorcinoli so spojine s sorazmerno dolgimi verigami C atomov (najpogostejše od 15 do 25 C atomov v verigi).

## 1.7 Tanini

Tanini so pri rastlinah zelo razširjeni metaboliti. Tanini kot rastlinski fenoli spadajo med vodotopne polifenolne spojine z molsko maso med 600 in 3000 Da (TAIZ & ZEIGER 2006). Tanini so aromatske spojine, ki so sestavljene iz estrov fenol karboksilnih kislin in molekul heksoz, najpogostejše glukoz. Tanini zelo lahko oksidirajo (produkta oksidacije sta pirogalol in pirokatehin) in jim je težko določiti zgradbo in sestavo (LUTHAR 1992b).

Tanini so v prehrani nezaželeni, saj precipitirajo beljakovine, zavirajo delovanje prebavnih encimov in preprečujejo absorpcijo vitaminov in mineralov. Tanini delujejo antimikrobno na različne bakterije, viruse, kvasovke in glive ter zato služijo v rastlinah kot naravni obrambni sistem proti mikrobnim okužbam (TAIZ & ZEIGER 2006). Tanini lahko delujejo tudi antikancerogeno in antimutageno.

V višjih rastlinah sta prisotni predvsem dve skupini taninov, ki se razlikujeta tako glede zgradbe kot v biogenetskem izvoru: hidrolizirajoči tanini (galotanini, elagotanini) in kondenzirani tanini (proantocianidini, katehinski tanini) (TAIZ & ZEIGER 2006). Obstaja še tretja skupina taninov, mešani tanini (galokatehini), ki tudi spadajo med hidrolizirajoče, ker jih sestavljajo strukture hidrolizirajočih taninov in flavan-3-olov (katehina), ki so ena od komponent kondenziranih taninov. Med seboj se povezujejo preko C–C vezi (LUTHAR 1992b).

Kondenzirani tanini so polimeri flavonoidov, hidrolizirajoči pa so sestavljeni iz glikoziliranih galnih kislin, ki so vezane z estrskimi vezmi na glukoze. Hidrolizirajoči tanini so estri sladkorja, največkrat glukoze in različnega števila fenolnih kislin. Po hidrolizi estrskih vezi dobimo posamezne sestavine: glukozo in fenolne kisline. Kondenzirani tanini se delijo na: procianidine, prodelfinidine in propelargonidine. Najpogostejši kondenzirani tanini so procianidini, ki so polimeri katehina in (ali) epikatehina (flavan-3-ola) (LUTHAR 1990b). Mešani tanini ali tako imenovani galokatehini nastanejo, če se na kondenzirane tanine (najpogostejše monomere, redkeje oligomere) estrsko veže ena ali več galnih kislin. Te vrste taninov so največkrat prisotne v rastlinah skupaj z galotanini.

Tanini imajo sposobnost tvoriti komplekse z makromolekulami, zlasti z beljakovinami (TAIZ & ZEIGER 2006). Kompleksacija je lahko reverzibilna ali ireverzibilna. Pri reverzibilni kompleksaciji tanini tvorijo na površini beljakovin bolj hidrofobno plast, kar povzroči obarjanje beljakovin, tanini pa jih med seboj povezujejo. Privlačnost taninov do beljakovin narašča s številom prolinov v beljakovinah in pada z rigidnostjo taninov. Najvišjo afiniteto do beljakovin imajo galotanini, manjšo elagotanini, najmanjšo pa kondenzirani tanini. Pri ireverzibilni kompleksaciji, ki je posledica spontane oksidacije taninov do o-kinonov, ki reagirajo z nukleofilnimi skupinami beljakovin, nastajajo kovalentne vezi. Biotski učinek taninov se uporablja v terapiji diareje, kjer imajo prednost taninske droge pred

izoliranimi tanini. V drogah so tanini vezani na celične beljakovine in se počasi sproščajo vzdolž prebavnega trakta. Izolirane tanine pa moramo prav zaradi tega predhodno vezati na beljakovine. Število rastlin s tanini je zelo veliko, le omejeno število rastlin pa uporabljamo zaradi taninov.

GADŽO in sod. (2009) so preučevali tanine v kalih ter mladih rastlinah tatarske in navadne ajde. Vsebnost taninov v mladih rastlinah tatarske ajde je okoli 1 g/100 g SS, pri mladih rastlinah navadne ajde 'darja' pod 0,8 g/100 g SS ter 'bosanka' okoli 2,5 g/100 g SS.

Mlade rastline navadne in tatarske ajde vsebujejo torej od 0,8–2,5 g taninov/100 g. Višja vsebnost taninov je v listih (okoli 13 g/100 g SS) v primerjavi z drugimi deli rastline (OŽBOLT in sod. 2008).

Vsebnost taninov v zrnih navadne ajde je po naravnem sušenju okoli 1,29 g/100 g SS, pri sušenju z zmrazovanjem pa je vsebnost taninov v zrnih višja in sicer 2,25 g/100 g SS. Vsebnost taninov nekoliko naraste s kaljenjem zrn, a ne tako močno kot rutin. Po treh dneh naraste vsebnost taninov v kalečih zrnih na 2,51 g/100 g SS oz. 1,4 g/100 g SS; po sedmih dneh pa na 3,25 g/100 g SS oz. 2,42 g/100 g (LEE in sod. 2004).

Otrobi so vir fitinske kisline in taninov. Predvsem otrobi ajde so lahko kot vir teh sestavin, prehransko dopolnilo ter zato širše uporabni v prehranske in medicinske namene (STEADMAN in sod. 2001b). V otrobih ajde so koncentrirani predvsem kondenzirani tanini (proantocianidini) poročajo STEADMAN in sod. (2001b). Nizko prebavljivost ajde povezujejo s prisotnostjo taninov in fitinske kisline v ajdi (WIJNGAARD & ARENDT 2006ab).

ŠKRABANJA in sod. (2004) poročajo o zanimivi razporeditvi fitatov v škrobu v mlevskih frakcijah navadne ajde ter ugotavljajo močno povezavo med fitati in frakcijami zdrobov, otrobov in luščin, medtem ko je vsebost fitatov v mlevskih frakcijah mok značilno nizka. Oluščeno zrnje (kaša) vsebuje okoli 1,7 g taninov/kg SS, kar je okoli 10-krat manj kot v neoluščenem zrnju. Bela ajdova moka, ki je iz centralnega dela zrn, ima minimalno količino taninov (0,6–0,8 g/kg SS), medtem ko je vsebnost taninov v integralni moki okoli 2,2 g/kg SS in se približuje vsebnosti v otrobih (2,5–5,5 g/kg SS).

Sestava mlevskih frakcij navadne ajde je odvisna od količine različnih sestavin v zrnju. Svetle (bele) moke so sestavljene v glavnem iz centralnega endosperma, medtem ko frakcije z otrobi sestavljajo površinski deli zrna in delčki kalic. Fitati iz proteinskih delov kalčkov (embrijev) in alevronskih plasti celic so bogati s P, Zn, Mg in drugimi mikroelementi. Fitinska kislina je koncentrirana v otrobih (35–38 g/kg), zato so frakcije otrobov bogate s fitinsko kislino (STEADMAN in sod. 2001b).

Fitinska kislina je mio-inozitol heksafosfat. Fitati vsebujejo do 85 % celokupnega fosforja zrn. Nahajajo se v obliki soli mono in divalentnih kationov, npr.  $\text{Ca}^{2+}$  in  $\text{Mg}^{2+}$ . Mineralni kompleks ni topen v črevesju pri fiziološkem pH. Fitati se v fazi dozorevanja zelo hitro akumulirajo in so močno prisotni (1–3 %) v zrnju žit. Fitati imajo sposobnost tvorbe netopnih kompleksov z minerali pri fiziološkem pH. Posledica interakcije fitinske kisline z minerali in elementi v sledovih je inhibicija absorpcije Fe, Zn, Ca, Mg in Mn, a brez učinka na Cu. Biološka dostopnost mineralov iz fitatov je odvisna od koncentracije mineralov in fitatov v živilih, sposobnosti endogenih prenašalcev intestinalne mucoze za absorpcijo kompleksa mineral-fitat, procesiranja proizvodov (dodatek encimov, izločanje inhibitorjev, prilagajanje pH, kaljenje, namakanje, kuhanje – hidrotermična obdelava, fermentacija, itd.) ter prebavljivosti živil. Tvorba kompleksov s kovinskimi ioni je značilna lastnost fitatov, manj značilne, a možne, pa so tudi interakcije z beljakovinami, encimi in ogljikovimi hidrati (TVARI S UČINCIMA ..., 2009).

Predvsem moke, zmlete iz celih žitnih zrn, vsebujejo fitate. Ti zmanjšujejo absorpcijo in izkoriščanje nekaterih mineralov, predvsem Fe, Zn in Ca (HURRELL 2003). Za večino ljudi fitati v prehrani ne predstavljajo večjega problema, pri pretiranem uživanju izdelkov iz celih žitnih zrn, posebej še nekuhanih surovih žit, pa je potrebno razmišljati tudi o dodatnem vnosu mineralov.

## 1.8 Fenolne spojine in antioksidativna aktivnost ajde

V zadnjem obdobju je opravljenih več raziskav in tudi objavljenih veliko rezultatov o pozitivnih lastnostih ajde na zdravje ljudi in živali. Fenolne spojine v ajdi delujejo antioksidativno. HOLASOVÁ in sod. (2002) ugotavljajo, da najvišji del antioksidativne aktivnosti prispevajo v metanolu topne sestavine, to so fenolne spojine (3-flavanoli, flavonoli in fenolne kisline), medtem ko lipofilne komponente (tokoferoli, karotenoidi) ne prispevajo značilno k antioksidativni aktivnosti ajde. Ugotavljajo statistično značilno povezavo med celokupnimi fenoli in antioksidativno aktivnostjo ter med rutinom in antioksidativno aktivnostjo v ajdi.

ARTS in sod. (2002) menijo, da interakcija med beljakovinami in flavonoidi lahko prikrije del antioksidativne aktivnosti fenolnih spojin. Tudi VELIOGLU in sod. (1998) so opazili korelacijo (ki pa ni bila značilna) med antioksidativno aktivnostjo in celokupnimi fenolnimi spojinami pri nekaterih izdelkih, ki vsebujejo sestavine, bogate z antocianini (npr. borovnice, višnje, rdeča čebula).

**Preglednica 10: Vsebnost taninov v ajdi**  
**Table 10: Tannin content in buckwheat**

| Vrsta ajde                | Vzorec                  | Vsebnost taninov                                                       | Reference                 |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Navadna ajda 'darja'      | listi                   | 12,96 g/100 g SS                                                       | OŽBOLT in sod. (2008)     |
| Navadna ajda 'darja'      | steblo                  | 1,83 g/100 g SS                                                        | OŽBOLT in sod. (2008)     |
| Navadna ajda 'darja'      | mlade rastline          | pod 0,8 g/100 g                                                        | GADŽO in sod. (2009)      |
| Navadna ajda 'bosanka'    | mlade rastline          | 2,5 g/100 g                                                            | GADŽO in sod. (2009)      |
| Tatarska ajda             | mlade rastline          | okoli 1 g/100 g                                                        | GADŽO in sod. (2009)      |
| Navadna ajda              | kalice – 3 dni kaljenje | naravno suš. 1,40 g/100 g<br>suš. z zmrz. 2,51g/100 g                  | LEE in sod. (2004)        |
|                           | kalice – 7 dni kaljenje | naravno suš. 2,42 g/100 g<br>suš. z zmrz. 3,25 g/100 g                 |                           |
| Navadna ajda              | luščine<br>testa        | 2,35–2,94 %/SS<br>6,35–9,6 %/SS                                        | LUTHAR (1992a)            |
| Navadna ajda iz Slovenije | zrnje                   | 1–3 g/kg SS                                                            | LUTHAR & KREFT (1996)     |
| Tatarska ajda             | zrnje                   | 121 mg katehina/kg SS<br>42 mg epikatehina/kg SS                       | SOON-MI in sod. (2006)    |
| Navadna ajda              | zrnje                   | naravno suš. 1,29 g/100 g<br>suš. z zmrz. 2,25 g/100 g                 | LEE in sod. (2004)        |
| Navadna ajda (Italija)    | kaša                    | 0,31–0,48 %                                                            | BONAFACCIA in sod. (1994) |
| Navadna ajda              | zrnje z luščino         | 1,18 g/kg SS<br>10,44–16,63 g/kg SS<br>4,10 g/kg SS                    | STEADMAN in sod. (2001b)  |
|                           | -fina moka              |                                                                        |                           |
|                           | -otrobi z luščino       |                                                                        |                           |
|                           | -otrobi brez luščine    |                                                                        |                           |
| Navadna ajda              | zrnje brez luščine      | 1,68 g/kg SS<br>2,25 g/kg SS<br>0,57–0,83 g/kg SS<br>2,57–5,50 g/kg SS | STEADMAN in sod. (2001b)  |
|                           | -kaša                   |                                                                        |                           |
|                           | -moka iz celega zrna    |                                                                        |                           |
|                           | -fina moka              |                                                                        |                           |
|                           | -otrobi                 |                                                                        |                           |
| Navadna ajda              | mlevske frakcije        | 0,1–1,2 %/SS<br>0,7–2,2 %/SS<br>2,2–6 %/SS<br>0,3 %/SS                 | ŠKRABANJA in sod. (2004)  |
|                           | moke (10 frakcij)       |                                                                        |                           |
|                           | zdrobi (6 frakcij)      |                                                                        |                           |
|                           | otrobi (6 frakcij)      |                                                                        |                           |
|                           | luščina                 |                                                                        |                           |

DIETRYCH–SZOSTAK (2004) ugotavlja, da je antioksidativna aktivnost različnih flavonoidov različna. Antioksidativna aktivnost rutina in kvercetina je višja kot antioksidativna aktivnost orientina (luteolin glikozida) in izoorientina (izomera orientina). Antioksidativna aktivnost viteksina in izoviteksina pa je še nižja. Antioksidativna aktivnost je najvišja pri kvercetinu, sledi rutin, izoorientin, orientin, izoviteksin, najnižja je pri viteksinu. DIETRYCH–SZOSTAK (2004) navaja, da so podobne rezultate objavili že TOREL in sodelavci (1986).

MORISHITA in sod. (2007) so v raziskavah o vsebnosti polifenolnih spojin v dveh sortah navadne ajde in dveh sortah tatarske ajde dokazali prisotnost rutina, epikatehina in epikatehingalata v zrnih navadne ajde. Vsebnost rutina v zrnih navadne ajde je med 12,2–13,6 mg/100 g ter epikatehina 15,6–20,2 mg/100 g, odvisno

od sorte. Prispevek epikatehinov k antioksidativni aktivnosti v navadni ajdi je 11–13 %, rutina pa okoli 2 %. Ugotavljajo, da so v navadni ajdi očitno prisotne še druge neznane antioksidativne spojine. V tatarski ajdi so dokazali prisotnost rutina, kvercitrina in kvercetina in sicer 1808,7–1853,8 mg/100 g rutina, ki prispeva 85–90 % k celotni antioksidativni aktivnosti. Rutin je torej glavni antioksidant v tatarski ajdi (MORISHITA in sod. 2007).

JIANG in sod. (2007) so preučevali vsebnost flavonoidov in rutina v treh vrstah ajde – navadni ajdi (*F. esculentum*), tatarski ajdi (*F. tataricum*) in ajdi *F. homotropicum* ter njihovo antioksidativno kapaciteto. Skupaj so preučili 11 vzorcev. Vsebnost rutina in flavonoidov se je značilno razlikovala med vrstami in je bila pri navadni ajdi 0,02 % rutina in 0,04 % flavonoidov, pri *F. homotropicum* 0,10 % rutina in 0,35 % flavonoi-

dov ter pri tatarski ajdi 1,67 % rutina in 2,04 % flavonoidov. Antioksidativna aktivnost je najvišja pri tatarski ajdi in najnižja pri navadni ajdi. Z linearno regresijo je ugotovljena statistično značilna korelacija med antioksidativno aktivnostjo in vsebnostjo rutina ( $r^2 = 0,98$ ) in celokupnimi flavonoidi ( $r^2 = 0,77$ ) v vseh raziskovanih kultivarjih ajde. Raziskava kaže pomembno vlogo rutina in flavonoidov v antioksidativni aktivnosti ajdovih zrn.

Vsebnost rutina v posameznih delih ajde in povezave z antioksidativno aktivnostjo so ugotavljali PAULÍČKOVÁ in sod. (2004). Ugotovili so 12,6 mg rutina/100 g SS v celih zrnih, v oluščanih zrnih 17,8 mg rutina/100 g SS, v kaljenih neoluščanih zrnih 36,6 mg/100 g SS, v koreninah rastline 43,6 mg/100 g SS, v kalicah 169,2 mg/100 g SS, v steblih 563,4 mg/100 g SS, v cvetovih 1272,0 mg/100 g SS, v mladih rastlinah 1792 mg/100 g SS, v vršičkih 2337,4 mg/100 g SS in listih 4001,1 mg rutina/100 g SS. Najvišjo antioksidativno aktivnost kažejo listi (faktor zaščite 4,1), sledijo oluščena zrna (2,6), semena (2,2), luščine in slama pa imajo nižjo antioksidativno aktivnost (pod 1,5).

Poleg rutina je pomemben antioksidant v ajdovih zrnih še ferulna kislina, ki je ena od fenolnih kislin. Antioksidativna aktivnost se povečuje proti zunanjim plastem ajdovega zrna. Celokupna antioksidativna kapaciteta narašča s frakcijami, ki vsebujejo več zunanjih plasti ajdovih zrn (HUNG & MORITA 2008).

ŠENSOY in sod. (2006) poročajo, da ima temna ajdova moka višje celokupne fenole kot svetla ajdova moka. Ugotovili so, da ima surova bela ajdova moka 1,79 mg fenolov/g, surova temna ajdova moka pa okoli petkrat več (10,47 mg fenolov/g). Istočasno ugotavljajo, da ima bela ajdova moka in ajdova moka iz celega zrna približno enako antioksidativno aktivnost in višjo v primerjavi s polnovredno pšenično moko in koruzno moko.

Višjo antioksidativno aktivnost v luščinah navadne ajde kakor v oluščanih zrnih (94,9 % oz. 63,7 %) so ugotovili VELIOGLU in sod. (1998), to pa pripisujejo višji količini fenolov v luščinah. Ugotovili so, da je koncentracija celokupnih fenolov v luščinah višja kot je v oluščanih zrnih (3900 mg/100 g oz. 726 mg/100 g). Primerjava antioksidativne aktivnosti iste količine fenolnih spojin v oluščanih ajdovih zrnih ter v luščinah kaže višjo antioksidativno aktivnost fenolnih spojin v oluščanih zrnih (VELIOGLU in sod. 1998, ZIELINSKI & KOZLOWSKA 2000).

HOLASOVÁ in sod. (2002) poroča o višji antioksidativni aktivnosti v oluščanih zrnih navadne ajde v substratu nasičenih maščob, kakor je v luščinah ajde. Rezultati VELIOGLA in sod. (1998) ter ZIELINSKEGA & KOZLOWSKE (2000) so podobni. Čeprav so vrednosti antioksidativne aktivnosti pri raziskavah VELIOGLA

(1998) v luščinah ajde višje, to pripisujejo višji količini fenolov v luščinah. To kaže na možnost, da imajo različne fenolne spojine različno antioksidativno aktivnost. ŠENSOY in sod. (2006) razlagajo metodologijo določanja fenolov z metodo ekstrakcije s Folin-Ciocalteau reagentom, ki dokaže vse fenolne skupine, prisotne v ekstraktu, vključno s tistimi, ki so v topnih beljakovinah (FOLIN 2009).

OOMAH & MAZZA (1996) ugotavljata, da vsebnost flavonoidov ne korelira tesno z antioksidativno aktivnostjo v ajdovih zrnih in luščinah. Bela ajdova moka ima večjo antioksidativno aktivnost kot luščine, čeprav imata oba vzorca približno enako količino fenolnih spojin (QUETTIER-DELEU in sod. 2000). Ugotavljajo, da višje vsebnosti flavonoidov ali posameznih flavanolov v moki dajejo višjo antioksidativno aktivnost kot višje vsebnosti flavonoidov v luščinah. Prav zaradi teh rezultatov je pomembno natančno poznavanje sestave ekstraktov, da bolje razumemo antioksidativno aktivnost v ajdovih oluščanih zrnih in luščinah.

Antioksidativna aktivnost v temni ajdovi moki se zmanjšuje s toplotno obdelavo (200 °C 10 minut), ne pa tudi pri ekstrudiranju (170 °C ~10 sekund) (ŠENSOY in sod. 2006). Zato je pomembno določiti učinke posameznih tehnologij oziroma tehnoloških procesov na antioksidativno aktivnost, da bi v izdelkih čim bolj ohranili antioksidativno aktivne sestavine ter izbrali najbolj optimalne procese, ki bi čim manj vplivali na zmanjševanje antioksidativne aktivnosti celokupnih fenolov. Ta območja bodo še predmet mnogih raziskovanj.

## 1.9 UV sevanje in ajda

Eden pomembnih okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na rastlinski metabolizem, je UV-B sevanje (ROZEMA in sod. 1997, BJÖRN 1999, GERM 2004, SUZUKI in sod. 2005a, GERM in sod. 2013). Zaščita pred UV-B sevanjem je zelo pomembna pri fotosinteznih organizmih, ki temeljijo na sončni svetlobi kot primarnem viru energije. Rutin, kvercetin, kvercitrin in drugi flavonoidi so sekundarni rastlinski metaboliti. Izgrajujejo se v višjih rastlinah in jih zaščitijo pred UV sevanjem, boleznimi in plenilci. UV absorbirajoče fenolne spojine imajo pomembno vlogo v rastlinah, kot so prenos signalov, barva rastlin, obramba proti mikroorganizmom, strukturna trdnost rastlin, absorbiranje škodljivega UV žarčenja, zaščita ranljivih delov rastlin, itd. Vrste spojin in njihova količina je odvisna tudi od vrste rastlin ter seveda količine UV sevanja. UV sevanje inducira aktivnost genov, ki pospešijo metabolizem fenilpropanoidne poti in izgradnjo flavonoidov. Flavonoidi so konjugirane aromatske spojine, ki imajo spo-

sobnost absorpcije v UV spektru. UV absorbirajoče spojine so locirane v vakuolah epidermalnih plasti, lahko pa so vezane tudi na celične stene (DAY in sod. 1994). Flavonoidi imajo zelo različno sposobnost vezanja prostih radikalov (prostega kisika, superoksidov in peroksi radikalov). Znano je, da so flavonoidi, ki vsebujejo dodatno hidroksi skupino na B obroču flavonoidnega skeleta, uspešnejši lovilci prostih radikalov. UV-B sevanje v rastlinah vzpodbuja nastajanje flavonolov z več hidroksi skupinami, kot je kvercetin. Poleg neposredne absorpcije UV-B sevanja dihidroksilirani flavonoli ščitijo rastline pred poškodbami, tudi posredno, z vezanjem prostih radikalov (OLSSON 1999).

Zmožnost rastlin za sintezo rutina in sorodnih sestavin je lahko potencialno možen evolucijski odgovor rastlin na ekstremne razmere rasti. Ajda je, prav zaradi rutina in nekaterih drugih sestavin, pomembno funkcijsko živilo.

Ajda je enoletna rastlina s kratko vegetacijsko dobo. Raste tudi na visokih nadmorskih višinah, ki niso več primerne za vse kulturne rastline. Predvsem v vzhodnem Tibetu so lokacije vasi ter tudi polj ajde celo več kot 2500 m nad morjem. Količina in kakovost zrnja ajde je odvisna od okoljskih razmer med rastjo. Ugodne razmere so pomembne za rast rastlin in razvoj semen. Vsak stres zahteva dodatno energijo za nastanek zaščitnih mehanizmov, rezultat tega pa so nižji pridelki in slabši reprodukcijski potencial.

V novejšem času se zaradi tanjšanja ozonske plasti povečuje delež UV-B sevanja, ki lahko ima negativne posledice tudi za ajdo in druge gojene rastline (ADAMSE & BRITZ 1996, HÄDER in sod. 1996, STAPLETON in sod. 1997, SANTOS in sod. 1998, BJÖRN 1999, LI in sod. 2000).

Setev ajde v zgodnjem poletju daje višjo vsebnost rutina v rastlinah in semenih, setev v poznem poletju pa nižjo vsebnost rutina.

Več raziskav v svetu poteka z namenom razložiti ali pojasniti učinke UV-B sevanja na rast rastlin ter povezavo sevanja s procesi fotosinteze. Flavonoidi so snovi, ki so občutljive na svetlobo in njihova izgradnja se sproži s svetlobo (S. L. KIM in sod. 2001bc). Koncentracija antocianinov in flavonoidov je povezana z intenziteto in s kakovostjo svetlobe.

Organske kisline Krebsovega cikla, kot npr. citronska, izocitronska, izoketoglutarna, jantarna, fumarna, malonska, oksalocetna imajo največji pomen v procesu aerobnega dihanja ob nastajanju energije, ki se skladišči v ATP molekulah. Organske kisline Krebsovega cikla imajo tudi druge dodatne vloge v rastlinskih metabolnih procesih. Manj znanega je o izgradnji različnih spojin, kot so organske kisline, prosti sladkorji, flavonoidi in njihove analogne spojine (kot so rutin, kvercitrin in aglikon kvercetin) v rastlinah ajde ob obsevanju z raz-

ličnimi tipi svetlobe. S. L. KIM in sod. (2001bc) ugotavljajo, da v rastlinah ajde prevladujejo citronska, malonska in očetna kislina. Obsevanje z rdečo in modro svetlobo zmanjšuje vsebnost organskih kislin v rastlinah ajde. Fruktaza, glukoza in maltoza so prevladujoči prosti sladkorji, vendar njihova koncentracija v rastlinah variira. Obsevanje z rdečo in modro svetlobo povzroča znižanje vsebnosti rutina, kvercitrina in kvercetina v rastlinah ajde, povečanje se zazna le pri cvetovih.

LEE in sod. (2001b) poročajo o vsebnosti rutina v rastlinah navadne in tatarske ajde. Najvišja je vsebnost rutina pri rasti ob naravni svetlobi, srednja ob modri svetlobi in najnižja ob rdeči svetlobi.

Fluorescenca klorofila je občutljiv parameter, ki pokaže, kakšna je učinkovitost izrabe energije in obseg fotosinteznih reakcij in je v širšem smislu pokazatelj stanja rastlin (SCHREIBER in sod. 1995).

LEE in sod. (2001a) ugotavljajo povezavo med količino rutina v rastlinah navadne ajde in fotoperiodizmom. Daljša fotoperioda povečuje vsebnost rutina.

Rutin je antioksidant z mnogimi zanimivimi farmakološkimi učinki. Med drugim so preučevali tudi vplive povečanega UV-B sevanja na ajdo (GABERŠČIK in sod. 2002, S. KREFT in sod. 2002). S. KREFT in sod. (2002) so preučevali vsebnost rutina v rastlinah ajde pri različnih nivojih UV-B sevanja in ugotovili, da je vsebnost rutina najvišja pri običajnem sevanju v okolju, sledi vsebnost ob zvišanem sevanju, najnižjo vsebnost rutina pa so zaznali pri znižanem sevanju.

UV-B sevanje stimulira aktivnost encimov fenilpropanoidnega metabolizma, pri čemer prihaja do izgradnje flavonoidov in drugih polifenolov (tanini, lignini) v rastlinah (ROZEMA in sod. 1997, BJÖRN 1999). Nekateri raziskave nakazujejo, da UV-B sevanje vpliva na vsebnost rutina v rastlinah. Flavonoidi in fenoli kažejo sposobnost absorpcije v UV-B območju in tvorijo poseben UV-B filter, ki ščiti rastlinske dele pred škodljivimi žarki (ROZEMA in sod. 2002).

GERM in sod. (2009) so preučevali vsebnost rutina in kvercetina v kalih navadne in tatarske ajde v povezavi z UV-B sevanjem in pri znižanem UV-B sevanju ugotovili bistveno večjo vsebnost rutina pri tatarski ajdi kot pri navadni ajdi, kvercetin pa le v sledovih. Koncentracija rutina v kalih navadne ajde 'darja' pri znižanem UV-B sevanju je 3,12 mg/g, koncentracija rutina v kalih (tatarska ajda) je 23,63 mg/g, medtem ko je vsebnost kvercetina le v sledovih. Koncentracija rutina v raztopini kalic (tatarska ajda) je bistveno nižja in sicer le 0,157 mg/g. Tudi tu je vsebnost kvercetina le v sledovih (GERM in sod. 2009).

OŽBOLT in sod. (2008) so preučevali možnosti povišanja vsebnosti selena v rastlinah ajde ter v povezavi s selenom tudi fenolnih sestavin v rastlinah ajde v od-

visnosti od UV-B sevanja. Raziskave seleno so še nadaljevali (GOLOB in sod. 2015, 2016ab, KREFT in sod. 2013, 2016ab). Vsebnost flavonoidov v listih rastlin navadne ajde je 14,85 g/100 g SS (25 % SS v listih) ter v stebelu 3,33 g/100 g SS (19 % SS v stebelu). Pri znižanem UV-B sevanju se vsebnost flavonoidov v listih in stebelu zniža (11,58 g/100 g SS v listih in okoli 13 % SS v listih; 1,75 g/100 g v stebelih in 19 % SS v stebelu). Prav tako se vsebnost flavonoidov zmanjša pri povišanem UV-B sevanju.

Prav tako so OŽBOLT in sod. (2008) preučevali vsebnost taninov v listih in stebelu navadne ajde v povezavi z UV-B sevanjem. Ugotavljajo, da se koncentracija taninov pri znižanem UV-B sevanju poveča v listih, prav tako tudi fagopirina, kar pa ne velja za stebela. Pri zvišanem UV-B sevanju se koncentracija taninov v listih zmanjša, ne pa tudi fagopirina, medtem ko se v stebelu vsebnost taninov poveča. Fagopirin je fototoksična snov, predvsem v zelenih delih rastlin ajde (I. KREFT in sod. 2013, STOJILKOVSKI in sod. 2013).

UV-B sevanje je pomemben faktor za izgradnjo flavonoidov v ajdi. Premočno sevanje ima lahko tudi negativni učinek, saj lahko poškoduje rastline in posledično se zniža tudi vsebnost flavonoidov (KREFT in sod. 1999, 2002). Selen lahko poveča strpnost rastlin za UV-induciran oksidativni stres. Ko so organizmi v stresu, zahtevajo več energije, ATP produkcija in potreba po kisiku v mitohondrijih narašča (BARTOLI in sod. 2005).

UV-B sevanje negativno vpliva na fotosintezo, znižuje količino pridelka, poveča občutljivost na zmrzal, za bolezn, okužbe z mikroorganizmi, itd. UV-B sevanje vpliva na povečano izgradnjo nekaterih flavonoidov, v primeru ajde je to rutin.

Antioksidativne učinke ajde so preučevali WATANABE (1998), PARK in sod. (2000), HOLASOVÁ in sod. (2002) in MORISHITA in sod. (2007). Kemijska struktura flavonoidnih molekul, vključno s številom, lokacijo in načinom substitucije na osnovno flavansko molekulo, so pomembne za antioksidativni učinek posameznih flavonoidov (HEIM in sod. 2002). Antioksidativni učinki ajde temeljijo na interakcijah genetskih in okoljskih faktorjev (OOMAH & MAZZA 1996).

Ajda ima sorazmerno visoko vsebnost rutina v semenih, listih, socvetjih in kotiledonih. Različne raziskave kažejo različne vzorce akumulacije rutina v različnih fazah rasti, pa tudi spremembe koncentracije rutina med zorenjem ajde. Tatarska ajda ima zelo močno glukozidazno aktivnost zaradi aktivnega encima flavonol 3-glukozidaze, ki razgradi rutin (YASUDA & NAKAGAVA 1994, SUZUKI in sod. 2002). Encim deluje kot katalizator pri hidrolizi rutina v kvercetin. Predpostavlja se, da rutin in encim v procesu zorenja ajde va-

rujeta seme pred UV sevanjem, lahko pa imata tudi druge fiziološke učinke za njegovo razgradnjo (SUZUKI in sod. 2005b). Zelo malo raziskav je opravljenih za razumevanje vloge rutina v obdobju rasti ajdovih rastlin ter spreminjanja njegove koncentracije v rastlini med obdobjem rasti (SUZUKI in sod. 2007).

### 1.10 Tehnološki in drugi procesi pri predelavi ajde v povezavi s fenolnimi spojinami

ÖLSCHLÄGER in sod. (2004) ugotavljajo, da je akumulacija različnih fenolnih spojin neodvisna druga od druge ter da je biosinteza ločeno regulirana v zrnih in luščinah. V 12 linijah navadne ajde pri križanjih ugotavljajo več flavonolov v luščinah (25–250 mg flavonolov/100 g) kot v oluščinih semenih, kjer jih je malo (0–50 mg/100 g). Obratno pa je s flavanoli, teh je v luščinah manj (4–66 mg/100 g), v oluščinih semenih pa več (15–75 mg/100 g SS).

Ugotovili so tudi korelacijo med vsebnostjo rutina v ajdovi moki ter vsebnostjo v vodi topnih kislin med skladiščenjem moke ter tudi korelacijo z vsebnostjo karbonilnih sestavin (kot so aldehidi in ketoni). Povezav med rutinom ter lipazno, lipoksigenazno ter peroksidazno aktivnostjo pa niso dokazali (SUZUKI in sod. 2004).

KREFT in sod. (2006) poročajo o vsebnosti 115,9–181,9 mg rutina/kg suhe snovi v zrnju ajd 'darina', 'darja' in 'siva II'. Vsebnost rutina v toplotno obdelani ajdi (kaši) je bistveno nižja kot v surovi ajdi. Toplotno obdelana kaša vsebuje 87,9 mg rutina/kg SS, surova ajdova kaša pa 230,1 mg rutina/kg SS. Svetla ajdova moka iz notranjosti zrn ima nižjo vsebnost rutina (112,8 mg/kg SS) kot temnejša moka iz bolj zunanijh plasti zrn (218,5 mg/kg SS). Vsebnost rutina v svežih testeninah (ajdovih rezancih) je bila 78,4 mg/kg SS, v sušenih pa 67,6 mg/kg. Pričakovali bi večjo količino rutina v svežih testeninah (KREFT in sod. 2006). Dejansko nižjo količino rutina v testeninah povezujejo z možno aktivnostjo encima flavonol-3-glukozidaza. Encim je bil najprej izoliran v tatarski ajdi (YASUDA & NAKAGAVA 1994, SUZUKI in sod. 2002), a kasneje je bila njegova prisotnost potrjena tudi v zrnju navadne ajde, predvsem v testi (SUZUKI in sod. 2002). Encim flavonol-3-glukozidaza, ki omogoča spreminjanje rutina v kvercetin, ni enakomerno razporejen v delih zrna ajde, ampak je predvsem v testi. Na aktivnost tega encima lahko vplivajo druge sestavine ajdovega zrna, zlasti na primer tanini, pa tudi polifenolne spojine, ki lahko zavirajo dejavnost encimov. Tanine ajdovega zrnja je doslej raziskovala predvsem LUTHARJEVA (1992ab). Encimi, ki razgrajujejo rutin, so lahko razgrajeni v proteo-

litskih procesih, ki jih prav tako lahko sproži namakanje zrn ajde ali njihovih delov v vodi.

Pomemben, a še ne do konca raziskan, je hidrotermični vpliv na zrnje ajde. Vpliv toplotne obdelave in obdelave z vodo lahko pomembno vpliva na znižanje koncentracije rutina v ajdi (KREFT in sod. 2006). Ena od možnih razlag je, da se rutin v povezavi z dodano vodo ali ob toplotni obdelavi razgradi ali spremeni v druge spojine na tak način, da postane netopen v topilu.

O vplivu toplotne obdelave na vsebnost flavonoidov v oluščeni zrnji ajde sta poročala že DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK (1999). DIMBERG in sod. (1996) so preučevali nizkomolekularne fenolne spojine (kavno, kumarno, ferulno, vanilinsko kislino in druge) v ovsu ob toplotni obdelavi ter ob stiku z vodo. Poročajo o znižanju vsebnosti fenolnih spojin v ovsu (brez luščin) ob toplotni obdelavi ovsu, medtem ko se v ovsu z luščinami v enakem procesu vsebnost fenolnih spojin poveča (DIMBERG in sod. 1996). Ugotavljajo, da je količina fenolnih spojin povezana z vsebnostjo oziroma dodajanjem vode v tehnoloških postopkih ter je odvisna tudi od temperature in trajanja procesov.

Luščenje zrn z različnimi toplotnimi postopki in različnimi temperaturnimi režimi povzroči drastično znižanje vsebnosti celokupnih flavonoidov v oluščeni zrnji (tudi za 75 %), medtem ko se zmanjša količina celokupnih flavonoidov v luščinah le za okoli 15-20 % (DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK 1999).

Vsebnost rutina po naravnem sušenju zrn navadne ajde je v preiskovanih vzorcih 17,74 mg/100 g SS, po sušenju z zmrzovanjem pa je vsebnost rutina skoraj nespremenjena (17,23 mg/100 g SS). S kaljenjem semen koncentracija rutina v kalečih semenih narašča, po treh dneh je okoli 80 mg/100 g, po sedmih dneh pa že preko 300 mg/100 g SS (LEE in sod. 2004).

YASUDA (2001) ugotavlja, da zrna tatarske ajde vsebujejo veliko količino rutina, pa tudi encimov, ki razgrajujejo rutin. Ugotavlja, da se rutin ob dodatku vode v moko hitro razgradi v kvercetin. Encimi, ki razgrajujejo rutin, pa se ob parjenju tatarske moke skoraj popolnoma inaktivirajo (99,9 %), zato se iz take moke lahko pridobijo rezanci z visoko vsebnostjo rutina (100 mg/100 g vzorca). V vodi, v kateri so se kuhale testenine, ni ugotovil niti rutina niti askorbinske kisline. V študiji je uporabljal rezance iz tatarske ajdove moke, saj je iz predhodnih virov znano, da vsebujejo okoli 100-krat več rutina kot rezanci iz navadne ajdove moke. Pri prostovoljcih, ki so zaužili rezance iz tatarske ajde, je dokazal pozitiven vpliv na krvni tlak v povezavi z večjo vsebnostjo rutina v izdelku.

Mnogo ajdovih jedi se pripravlja z mešanjem ajdove moke in vode (KREFT 1994, 2003). Testo, ki ga obi-

čajno uporabljamo za kruh, pecivo ali testenine, lahko počiva določen čas, da razvije ustrezno teksturo in tehnološke lastnosti. Pri pripravi mešanic med moko in vodo (na primer za palačinke) je potrebno namakanje moke v vodi celo daljši čas (nekaj ur), da se pridobi ustrezna viskoznost in druge lastnosti.

Uporaba tatarske ajdove moke kot vir rutina je omejena zaradi encimske razgradnje rutina v procesu priprave testa, kar povzroči tudi grenak okus (LI in sod. 2008). Da bi ugotovili potencialno inaktivacijo encimov, ki razgrajujejo rutin in povzročijo znižanje vsebnosti rutina v izdelkih, pa tudi spremembo barve med pripravo testa, so preučili različne predhodne obdelave ajde (segrevanje, parjenje, kuhanje, ekstrudiranje). Pri parjenju (120 sekund), kuhanju (90 sekund) in ekstrudiranju (pri 140 °C) se zadrži več kot 85 % rutina, grenak okus pa izgine. Pri toplotni obdelavi s suhim zrakom (140 °C 9 minut), pa tudi pri segrevanju z mikrovalovi, se vsebnost rutina ne znižuje, grenak okus pa ostaja.

S toplotno obdelavo nastajajo kemijske spremembe v hrani. Pomembno je razumeti vpliv fizikalno kemijskih procesov na fenolne spojine, saj so za končne izdelke iz ajde, ki jih uživamo, nujno potrebni različni fizikalni, kemijski in biološki postopki. Predvsem pomembna je toplotna obdelava ajdovih zrn kot predpostopek v proizvodnji ali toplotna obdelava kaše pred uživanjem. Več znanstvenih raziskav je o vplivu procesov na nekatere funkcijske sestavine v hrani. Vpliv temperature na rutin v kolačih je neugoden (IM in sod. 2003). Povečanje vsebnosti rutina so zaznali tudi ob zmernem gama žarčenju (50 Gy), pri močnem žarčenju (100 Gy) pa znižanje vsebnosti rutina (ORSAK in sod. 2001).

ŠENSOY in sod. (2006) so preučevali vpliv toplotne obdelave (praženje zrn) in ekstrudiranja na vsebnost fenolnih spojin v ajdi in ugotovili, da se antioksidativna aktivnost ne spreminja v surovi moki in tudi ne v ekstrudirani (pri 170 °C ~ 10 sekund) ajdovi moki, medtem ko se pri toplotni obdelavi (praženju pri T=200 °C) antioksidativna aktivnost znižuje. Pri ekstrudiranju ne zaznamo vpliva predvidoma zaradi zelo kratkega časa procesa. Vsebnost celokupnih fenolov se ob toplotni obdelavi (praženju) pri T=200 °C 10 minut ne spreminja niti v temni niti v beli ajdovi moki. Obsežnejša toplotna obdelava lahko vpliva na razpad flavonoidov (DIETRYCH-SZOSTAK & OLESZEK 1999). Praženje vpliva na polarne in nepolarne snovi v ajdovi moki. Ekstrudiranje pa povzroči le spremembe polarnih spojin. Mehanska energija iz ekstrudiranja lahko vpliva na oblikovanje nekaterih kompleksov med spojinami v moki in razgradnjo večjih molekul, na primer škroba. Naraščanje specifične mehanske energije ekstrudiranja vpliva na fenolne spojine v moki.

MUKASA in sod. (2009) poročajo o hitri razgradnji rutina ob dodatku vode k moki iz okroglaste tatarske ajde. Ni zaznana razgradnja rutina ob namakanju celih oluščanih zrn okroglaste tatarske ajde v vodi. Predpostavljajo, da se to zgodi zaradi strukturne izolacije med rutinom in encimi, ki razgrajujejo rutin, v oluščanih zrnih. Poročajo o okoli 3 % količini rutina v suhi snovi v oluščanih zrnih okroglaste tatarske ajde pred namakanjem zrn v vodi ter o enaki vsebnosti tudi po 1500 minutnem namakanju, medtem ko vsebnost rutina v moki iz istega vzorca ob dodatku vode pade že v prvih 10 minutah na 0,5 % rutina v SS.

SUZUKI in sod. (2002) poročajo, da je encim rutin-3-glukozidaza, ki razgrajuje rutin, najaktivnejši v testi, čeprav se rutin nahaja pretežno v kotiledonih.

Lažje luščljiva semena (kot so npr. pri okroglasti tatarski ajdi) lahko pomenijo lažji razvoj visokorutinskih živil. MUKASA in sod. (2009) so potrdili, da v zrnih, ki se kuhajo eno uro, ostaja več kot 80 % rutina.

Posušene vršičke rastlin navadne ajde sorte 'jana' so dodajali v testo za kruh pri čemer so ugotovili, da se pri izdelavi kruha (pripravi testa in toplotni obdelavi) izgubi okoli 60 % rutina (PAULÍČKOVÁ in sod. 2004). Poročajo tudi, da vsebnost rutina v kruhu v času skladiščenja ni padla tudi do 72 ur. Navedeni avtorji poročajo o zmanjšanju količine rutina (v mešanici mok za kruh z dodatkom suhih ajdovih vršičkov, listov ali stebel) po ekstrudiranju za okoli 50 %.

PAULÍČKOVÁ in sod. (2004) ugotavljajo prisotnost rutina tudi v čebuli in česnu. Med večmesečnim skladiščenjem (6 mesecev) ugotavljajo manj kot 5 % znižanje vsebnosti rutina v čebuli in česnu. Analizirali so tudi vsebnost rutina v koruznih krispih z dodatkom ajde in česna ter določili 75 mg rutina/100 g izdelka, ki ima le 8 % vsebnost vode (PAULÍČKOVÁ in sod. 2004).

Dogajanja s fenolnimi spojinami v živilih med kuhanjem niso dokončno raziskana. Fenolne spojine že dalj časa povezujejo z aromatskimi značilnostmi sadja in zelenjave ter barvo. ANDLAUER in sod. (2003) so preučevali vsebnost nekaterih fenolnih spojin med kuhanjem (rutina pri cukinih, rutina in kvercitrina v fižolu, klorogenske kisline pri korenju, klorogenske in kavne kisline v krompirju). Kuhanje različnih vrst zelenjave v manjših količinah vode vpliva na značilno višje količine fenolnih spojin v zelenjavi kot kuhanje v večjih količinah vode. Le pri krompirju ne zaznavajo bistvenih razlik v povezavi z volumnom vode pri kuhanju. Dejanski vnos fenolnih spojin se z zaužitjem kuhanih živil zmanjšuje v primerjavi s surovimi živili (ANDLAUER in sod. 2003).

O vsebnostih rutina in kvercetina v korejski jedi gochujang, narejeni iz ajdove moke, poročajo LEE in sod. (2005). Jed gochujang se pari in fermentira približno en mesec. Neparjena ajdova moka kaže prisotnost

rutina, ne pa tudi kvercetina. Vsebnost rutina po parjenju pada, narašča pa količina kvercetina. Najvišjo vsebnost rutina in kvercetina v ajdovi moki so ugotovili po 20 urah fermentacije. Pri uporabi fermentiranega ajdovega testa za gochujang so ugotovili rahel padec koncentracije rutina in naraščanje le-te za kvercetin, kar pripisujejo verjetni razgradnji rutina. Ves rutin se v gochujangu razgradi po 20-ih dneh.

### 1.11 Terapevtski in drugi učinki ajde na zdravje

Ajda je naravno funkcijsko živilo, saj ima biološko pozitivne vplive na človekov organizem zaradi sestavin, ki jih vsebuje. Predvsem pomembna je njena prehranska vrednost pa tudi terapevtski učinki. Zanimiva je vsebnost flavonoidov, predvsem rutina, v ajdi. O terapevtskih, medicinskih, farmacevtskih, kozmetičnih, prehranskih in drugih vplivih in učinkih poročajo različni avtorji (WIESLANDER & NORBÄCK 2001ab, WIESLANDER in sod. 2012, YANG 2014).

Polifenoli, kot so tanini in flavonoidi, imajo vlogo zaščitnega sredstva v semenih in so prisotni predvsem v zunanjih plasteh zrn in v luščini (STEADMAN 2001b).

Tanini (visokomolekularni polifenoli z relativno molsko maso 500-3000) so lahko prepoznani kot anti-nutrienti (antihranila), če se uživajo v velikih količinah. Kompleksi taninov in beljakovin zmanjšujejo razpoložljivost beljakovin za absorpcijo (ŠKRABANJA in sod. 1998).

Flavonoidi so učinkoviti pri mnogih patoloških procesih in pri boleznih ljudi, tudi pri raku (STEADMAN 2001b). Antioksidativna aktivnost je ena najpomembnejših lastnosti živil, saj prav ta aktivnost zelo močno korelira z mnogimi biološkimi funkcijami, kot so antimutagenost, antikancerogenost in druge (WATANABE in sod. 1997, ZHAO in sod. 2001, 2004ab). Ta lastnost je predvsem pomembna zaradi zaščite proti oksidativnim poškodbam celic. Rutin, kvercetin in drugi polifenoli imajo lahko v ustreznih količinah potencialno antikancerogeno vlogo – predvsem pri raku na črevesju pa tudi drugih vrstah raka. Antikancerogene in antimutagene lastnosti polifenolov, predvsem rutina, lahko povezujemo z antioksidativnimi lastnostmi ajde. Pri tatarski ajdi so opazili citotoksično aktivnost, ki se (že) uporablja v boju proti humanim kancerogenim celicam (B. J. PARK & C. H. PARK 2004).

Beljakovine ajde lahko, z vplivom na nižanje estradiola v krvnem serumu, zavirajo ali upočasnijo proces nastanka raka dojk, raka debelega črevesa ter preprečujejo nastajanje žolčnih kamnov bolj učinkovito kot podobni beljakovinski izdelki iz soje (KAYASHITA in sod. 1999, TOMOTAKE in sod. 2000). O zaviralnem vpli-

vu polifenolov na raka trebušne slinavke poročajo MORURIA in sod. (2002). Ugotavljajo zaviralni učinek rutina na aktivnost tirozinaze (YASUDA 2007).

V številnih študijah ugotavljajo protimikrobno delovanje flavonoidov, predvsem rutina. O antibakterijski aktivnosti rutina poročajo ARIMA in sod. (2002). Preučevali so učinke na *Bacillus cereus* in *Salmonella enteritidis*. Objavljene pa so tudi raziskave o protivirusnem delovanju flavonoidov proti humanim virusom, tudi HIV-1 in HSV-1 in 2.

PRESTAMO in sod. (2003) poročajo, da se ajda lahko uporablja kot hrana s prebiotičnimi učinki, saj vzpodbuja razmnoževanje laktobacilov v črevesju pri miših.

Uživanje flavonoidov povezujejo z zmanjšanjem smrtnosti zaradi koronarnih srčnih bolezni (STEADMAN 2001b).

Ajda, kot vir rutina in pozitivna povezava rutina s preprečevanjem previsokega krvnega tlaka se omenja že v sredini 20. stoletja. COUCH in sod. (1946) so poročali o vsebnosti rutina v celih rastlinah ajde (2,07 % rutina v SS), v listih in cvetovih (2,50 % rutina v SS), navajajo pa tudi nekatere druge avtorje, ki so raziskovali vsebnost rutina v svežih in posušenih listih, cvetovih in celih rastlinah ter v steblih v povezavi s krvnim tlakom in pozitivnim vplivom na zdravje.

Rutin kot sekundarni metabolit vpliva na krvni tlak in ga znižuje (ABEYWARDENA & HEAD 2001). Učinke na zniževanje krvnega tlaka (antihipertenzijski učinek) so preučevali tudi CHOI in sod. (2001). Rutin ima mnoge pozitivne zdravstvene lastnosti tudi v povezavi s perifernimi žilnimi boleznimi. Rutin je pomembna terapevtska sestavina, saj pozitivno vpliva na elastičnost krvnih žil, preprečuje motnje cirkulacije in aterosklerozo, znižuje krvni tlak in stimulira organizem k boljši razpoložljivosti C vitamina. Znižuje tveganja za nastanek srčnožilnih bolezni ter ateroskleroze. Vpliva na zmanjšanje pokanja kapilar in posledično notranjih krvavitev in ima antioksidativni učinek (GRIFFITH in sod. 1944, WATANABE 1998, C. H. PARK in sod. 2000, HOLASOVÁ in sod. 2002). Rutin, ki ga je v listih in zrnju ajd od 0,5 do 1,2 %, lahko sodeluje pri mnogih fizioloških funkcijah, kot so vzdrževanje trdnosti krvnih kapilar, zmanjševanje njihove propustnosti in krhkosti (ZHAO in sod. 2001). Več kliničnih študij in poskusov na živalih je potrdilo, da tatarska ajda deluje preventivno in tudi kurativno pri srčnožilnih boleznih (ZHAO in sod. 2001).

LUTHAR (1992ab), LUTHAR & KREFT (1996) in HAGELS (1999ab) so preučevali tanine in druge polifenole v ajdi.

Fenolne spojine lahko znižujejo tudi koncentracijo sladkorja in holesterola v krvi. Več raziskav na živalih

dokazuje, da so izdelki iz ajde koristni za zniževanje krvnega sladkorja ter sladkorjev v urinu (ZHAO in sod. 2001). Ajda pozitivno vpliva na zniževanje koncentracije glukoze v krvi (poskusi pri miših) zaradi prisotnosti D-chiro-inozitola, ki uravnava inzulin (PRESTAMO in sod. 2003). Vpliv učinkov ajde na koncentracijo glukoze v krvi so pri poskusih na živalih (miših) preučevali tudi YOON in sod. (2001). Učinke ajde pri ljudeh na nivo glukoze v krvi in nivo inzulina so ugotavljali ZHAO in sod. (2001). Klinične študije in poskusi na živalih so potrdile pomembne vplive tatarske ajde na zdravje človeka ter zniževanje glukoze v krvi (ugoden vpliv na sladkorno bolezen) (ZHAO in sod. 2001). O učinkih kuhane ajde na raven glukoze v krvi poročajo tudi KANG in sod. (2001), o učinkih ajdovega čaja (kitajskega proizvajalca) pa LIN in sod. (2004).

Ugotovljeni so tudi učinki na uravnavanje holesterola v krvi (ZHAO in sod. 2001). Klinične raziskave na živalih dokazujejo, da so izdelki iz ajde koristni za zniževanje krvnih maščob. WANG in sod. (2001) so s poskusi na živalih (miši) ugotovili pozitiven vpliv na znižanje serumskih trigliceridov in holesterola ter pozitiven vpliv na antioksidativne encime v jetrih mišk. Vpliv učinkov ajde na maščobe v krvi (holesterol, trigliceride) so v poskusih na živalih (miši) preučevali tudi YOON in sod. (2001). O vplivu bioaktivnih substanc ajdovih kalic na nivo holesterola v krvi poročajo WIESLANDER in sod. (2011, 2012), o vplivu rutina in kvercetina na serumske in jetrne lipide pa NAKAMURA in sod. (2000).

Rutin preprečuje vnetja, anafilaktične pojave, deluje kot diuretik, spazmolitik, srčni stimulator. Preventivno deluje tudi proti sterilnosti in senilnosti. Je tudi nekoliko boljši zaščitnik pred radioaktivnostjo, zato se uporablja tudi v kurativi za bolnike z radiacijskimi boleznimi (ZHAO in sod. 2001, 2004ab).

Ajda se zaradi visoke vsebnosti flavonoidov (antioksidantov) uporablja tudi kot kozmetično sredstvo za kreme, losijone, kopeli, zobno pasto, regeneratore za lase ter za žvečilne gumije, čaj in druge izdelke (LIN in sod. 2004, ZHAO in sod. 2004ab).

Ajda se uporablja kot zel v zdravstvene namene. Predvsem zanimiv je zeleni ajdov čaj, pa tudi moka iz zelenih listov, ki se dodaja živilom kot funkcijski dodatek. Deli svežih rastlin se uporabljajo tudi kot zelenjava. Zeleni deli rastlin ajde so bogati s flavonoidi (KREFT in sod. 2006). Ker pa zeleni deli rastline lahko vsebujejo tudi fototoksičen fagopirin, jih je treba uporabljati previdno (STOJILKOVSKI in sod. 2013, S. KREFT in sod. 2013).

HOBOWICZ & OBENDORF (2005) poročata o šestih različnih oligomerah fagopiritola ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  in  $B_3$ ) v kalicah semen navadne ajde. Njihova asimilacija

in akumulacija je odvisna od temperatur med kalitvijo. Nižje temperature med zorenjem in formiranjem zrn vplivajo na povečanje vsebnosti fagopiritola  $A_1$  in  $B_1$  v kalicah.

Fagopiritole, mono-, di-, in trigalaktozil derivate *D-chiro*-inozitola, povezujejo z zmanjšanjem simptomov pri bolnikih s sladkorno boleznijo neodvisnih od inzulina in jih lahko uporabljajo za naravno sestavino pri zdravljenju sladkorne bolezni (KAWA in sod. 2003). Fagopiritol deluje kot inzulinski mediator in inzulinski inhibitor.

V temnih ajdovih mokah ugotavljajo bistveno višjo vsebnost fagopiritola (1400–2200 mg/100 g) kot v belih mokah (100–200 mg/100 g) (HATCHER in sod. 2008).

Zrnye ajde akumulira topne ogljikove hidrate, med njimi fagopiritol  $B_1$  v kotiledonih v procesu zorenja (ODORCIC & OBENDORF 2003).

Beljakovine ajde ne vsebujejo toksičnih prolaminov, na katere so preobčutljivi bolniki s celiakijo (JAVORNIK 1980, JAVORNIK & KREFT 1984, AUBRECHT &

BIACS 2001, IM in sod. 2003, ŠKRABANJA 2014, VOMBERGAR in sod. 2014, COSTANTINI in sod. 2014). Ajda ne vsebuje glutena in jo uporabljajo v dietah pri celiakiji, razen v primerih, ko se kaže tudi specifična intoleranca na beljakovine ajde (WIESLANDER & NORBÄCK 2001a).

Prebavljivost beljakovin celega ajdovega zrna je relativno nizka (pod 80 %) zaradi visoke vsebnosti surovih vlaknin in tanina (K. IKEDA in sod. 1991). JAVORNIK in sod. (1981) ugotavljajo, da so beljakovine tatarske ajde manj prebavljive kot beljakovine v navadni ajdi. Ta pojav lahko povezujemo z visokimi količinami polifenolnih snovi v tatarski ajdi.

Tudi ŠKRABANJA in sod. (2001) ugotavljajo, da zaradi počasne prebavljivosti škroba ajde (na kar lahko vplivajo polifenoli), pri uživanju ajde dalj časa občutimo sitost kot pri uživanju pšeničnih jedi. Pri počasnejši razgradnji beljakovin se ne izključuje povezava s polifenoli (ŠKRABANJA in sod. 2000).

Priporočena količina dnevnega vnosa rutina v organizem ni določena, naj pa ne bi presegla 50 mg (PAULÍČKOVÁ in sod. 2005).

## 2 SUMMARY

Buckwheat is an interesting alternative crop, similar to cereals in regard to cultivation and utilisation. Two species, common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*F. tataricum* Gaertn.) are mainly cultivated, and used in human nutrition. Buckwheat grain contain nutritionally important polyphenolic compounds; their concentration in buckwheat grain and products is higher in comparison to wheat, maize, rice or barley. Grain, as well as the green parts of buckwheat plants, contain flavonoids, tannins and other phenolic substances.

Popularity of buckwheat in nutrition is increasing (BIAN et al. 2004). It is also important in regard to its traditional therapeutic value (MA et al. 2001, YASUDA 2001, ZHAO et al. 2001, 2004a). Main components with health maintaining value are flavonoids, especially rutin. Tartary buckwheat contain much more rutin in comparison to common buckwheat, up to hundred times higher concentration in grain (BRIGGS et al. 2004, PARK et al. 2004). So, Tartary buckwheat grain is possible to use in production of nutraceuticals.

Recently special attention is given to the content of rutin and other flavonoids in buckwheat grain. Many buckwheat products are functional food items; buckwheat flour is added to diverse bread products and other foods to improve their nutritional value (KREFT et al. 1996, ŠKRABANJA et al. 2001, KREFT 2003).

Rutin is the product of metabolism of higher plants, able to protect plants from UV radiation (GABERŠČIK et al. 2002, ROZEMA et al. 2002). It is contained in many plants, but only few of them, including buckwheat, are suitable in human nutrition. Environmental factors, like UV radiation have important impact on the content of rutin and other flavonoids in buckwheat plants (S. KREFT et al. 2002).

Among buckwheat species and varieties, there are differences in the content of flavonoids, including rutin. Buckwheat is a natural functional food with a beneficial influence on human health due to its chemical composition. Several authors have reported medical, pharmaceutical, cosmetic, nutritional and other benefits of a buckwheat diet. Suggested amount of daily intake of rutin for humans is not determined, but it is supposed to be not more than daily 50 mg (PAULÍČKOVÁ et al. 2005).

Health maintaining value of buckwheat is more and more important (KREFT 1989, 2001, 2003).

For buckwheat products and dishes the acceptability by customers is very relevant (K. IKEDA et al. 2001). Buckwheat pasta could be made by using different milling fractions, i. e. different flours originating from different grain parts. For the palatability of buckwheat dishes and mechanical properties there are of importance proteins and starch, contained in diverse milling

fractions in different concentrations (K. IKEDA et al. 2001).

Buckwheat grain contains high quality proteins, starch, vitamins and mineral elements. Of special importance are essential amino acids, like lysine (EGGUM 1980, EGGUM et al. 1981, JAVORNIK et al. 1981, JAVORNIK 1983, 1986, K. IKEDA et al. 1991) and rich selection of elements (S. IKEDA & YAMASHITA 1994, S. IKEDA et al. 2004).

Important part of buckwheat proteins are resistant to digestion or are slowly digested (K. IKEDA et al. 1986, 1991). Authors report about low digestibility rate of buckwheat proteins because of the presence of enzyme inhibitors including protease inhibitors (K. IKEDA & KISHIDA 1993).

Buckwheat globulins (proteins soluble in salt solution) are formed by six acidic and six basic polypeptides, connected with each other by disulfide bonds.

Based on the results of solubility experiments it proceeds that protein aggregates are not needed to be connected by covalent bonds. Buckwheat globulins have ability to bond water and are able to form emulsions. Sulfhidril and disulfid groups are important in the maintaining of structure and reactivity of proteins, and in forming technological (FESSAS et al. 2008).

Buckwheat milling products are able to replace wheat flour in products suitable for people with celiac disease (SKERRITT 1986). In such products, there should be no traces of gluten proteins (WIESLANDER & NORBÄCK 2001a, SCHÖBER et al. 2003, STØRSRUD et al. 2003, WIJNGAARD & ARENDT 2006a, KRAHL et al. 2008). ŠKRABANJA et al. (2001) reported that slow digestibility of proteins, due to the presence of polyphenols, prolong satiety in comparison to meals based on wheat. In the slow digestion of proteins, there are not disconnected the bonds with polyphenols (ŠKRABANJA et al. 2000).

## ZAHVALA

Projekt (št. L4-7552, »Optimizacija predelave ječmena in ajde za trajnostno pridobivanje živil z visoko uporabno vrednostjo«) in raziskovalni program (št. P1-

0212 »Biologija rastlin«), je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

## ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the project (»Optimisation of barley and buckwheat processing for sustainable use in high quality functional food«, ID L4-7552) and Re-

search core funding (No. P1-0212 »Biology of Plants«), which were financially supported by the Slovenian Research Agency.

## LITERATURA – REFERENCES

- ABEYWARDENA, M. Y. & R. J. HEAD, 2001: *Dietary polyunsaturated fatty acid and antioxidant modulation of vascular disfunction in the spontaneously hypertensive rat*. Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids (Bethesda) 65(2): 91–97. <http://dx.doi.org/10.1054/plef.2001.0294>
- ABRAM, V., 2000: *Antioksidativno delovanje flavonoidov*. V: Žlender B. & L. Gašperlin (ur.): *Antioksidanti v živilstvu*. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož 26. in 27. oktober 2000. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo (Ljubljana): 23–32 str.
- ADAMSE, P. & S. J. BRITZ, 1996: *Rapid fluence-dependent responses to ultraviolet-B radiation in cucumber leaves: the role of UV-absorbing pigments in damage protection*. Journal of Plant Physiology (Amsterdam) 148(1-2): 57–62. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(96\)80294-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(96)80294-X)
- ALVAREZ-JUBETE, L., E. K. WIJNGAARD, E. K. ARENDT & E. GALLAGER, 2010: *Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking*. Food Chemistry (Amsterdam) 119(2): 770–778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>
- ANDLAUER, W., C. STUMPF, M. HUBERT, A. RINGS & P. FÜRST, 2003: *Influence of cooking process on phenolic marker compounds of vegetables*. International Journal for Vitamine Nutrition Research (Göttingen) 73(2): 152–159.

<https://doi.org/10.1024/0300-9831.73.2.152>

- ANTHONI, J., F. LIONNETON, J. M. WIERUSZESKI, J. MAGDALOU, J. M. ENGASSER, L. CHEBIL, C. HUMEAU & M. GHOUL, 2008: *Investigation of enzymatic oligomerization of rutin*. *Rasayan Journal of Chemistry* (Amsterdam) 4: 718–731.
- ARIMA, H., H. ASHID & G. DANNO, 2002: *Rutin – enhanced antibacterial activities of flavonoids against Bacillus cereus and Salmonella enteritidis*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* (Oxford) 66(5): 1009–1014. <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.66.1009>
- ARTS, M. J. T. J., G. R. M. M. HAENEN, L. C. WILMS, S. A. J. N. BATSTRA, C. G. M. HEIJNEN, H. P. VOSS & A. BAST, 2002: *Interactions between flavonoids and proteins: effect on the total antioxidant capacity*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (München) 50 (5): 1184–1187. <https://doi.org/10.1021/jf010855a>
- ASAMI, Y., R. ARAI, R. LIN, Y. HONDA, T. SUZUKI & K. IKEDA, 2007: *Analysis of components and textural characteristics of various buckwheat cultivars*. *Fagopyrum* (Ljubljana) 24: 41–48.
- AUBRECHT, E. & P. A. BIACS, 2001: *Characterization of buckwheat grain proteins and its products*. *Acta Alimentaria* (Budapest) 30(1): 71–80. <https://doi.org/10.1556/AAlim.30.2001.1.8>
- BARTOLI, C. G., F. GOMEZ, G. GERGOFF, J. J. GUINAMÉT & S. PUNTARULO, 2005: *Up-regulation of the mitochondrial alternative oxidase pathway enhances photosynthetic electron under drought conditions*. *Journal of Experimental Botany* (Oxford) 56(415): 1269–1276. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri111>
- BIAN, J., F. SHAN, Z. TIAN, G. XU, R. LIN, X. CHUNSHENG, D. YALI & J. MINGJIE, 2004: *Study on new health foods of tartary buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 714–718.
- BJÖRN, L. O., 1999: *Effects of ozone depletion and increased ultraviolet-B radiation on terrestrial plants*. In: Baumstark-Khan et al. (Eds.): *Fundamentals for the Assessment Risks from Environmental radiation*. Kluwer Academic Publishers (Dordrecht), pp. 463–470.
- BOJŇANSKÁ, T., H. FRANČÁKOVÁ, P. CHLEBO & A. VOLLMANNOVÁ, 2009: *Rutin content in buckwheat enriched bread and influence of its consumption on plasma total antioxidant status*. *Czech Journal of Food Science, Special Issue* (Praha) 27: S236–S240.
- BONAFACCIA, G. & I. KREFT, 1994: *Technological and qualitative characteristics of food products made with buckwheat*. *Fagopyrum* (Ljubljana) 14: 35–42.
- BONAFACCIA, G., R. ACQUISTUCCI & Z. LUTHAR, 1994: *Proximate chemical composition and protein characterization of the buckwheat cultivated in Italy*. *Fagopyrum* (Ljubljana) 14: 43–48.
- BONAFACCIA, G., L. GAMBELLI, N. FABJAN & I. KREFT, 2003a: *Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat*. *Food Chemistry* (Amsterdam) 83(1): 1–5. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00228-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00228-0)
- BONAFACCIA, G., M. MAROCCHINI & I. KREFT, 2003b: *Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat*. *Food Chemistry* (Amsterdam) 80(1): 9–15. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5)
- BONAFACCIA, G., F. MACCATI & V. GALLI, 2009: *Dietary fiber and phenolic compounds in common and tartary buckwheat*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat as medicinal natural products*. ISBS–International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 16–19.
- BRIGGS, C. J., C. CAMPBELL, G. PIERCE & P. JIANG, 2004: *Bioflavonoid analysis and antioxidant properties of tartary buckwheat accessions*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 593–597.
- BRUNORI, A. & G. VÉGVÁRI, 2007: *Rutin content of the grain of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench and Fagopyrum tataricum Gaertn.) varieties grown in southern Italy*. *Acta Agronomica Hungarica* (Budapest) 55(3): 265–272. <https://doi.org/10.1556/AAgr.55.2007.3.1>
- CHAI, Y., B. FENG, Y. G. HU, J. GAO & X. GAO, 2004: *Analysis on the variation of rutin content in different buckwheat genotypes*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 688–691.
- CHOI, Y. S., B. H. LEE, T. H. SHIM & H. H. LEE, 2001: *Hypotensive effects of dietary buckwheat in SHR*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 554–560.

- CHRUNGOO, N. K., N. DEVADASAN, I. KREFT & M. GREGORI, 2013: *Identification and characterization of granule bound starch synthase (GBSS-I) from common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology (Chennai) 22(3): 269-276.  
<https://doi.org/10.1007/s13562-012-0153-y>
- COSTA, A. M. M. B., F. C. PIMENTA, W. C. LUZ & V. DE OLIVEIRA, 2008: *Selection of the Beauveria genus able to metabolize quercetin like mammalian*. Brazilian Journal of Microbiology (Amsterdam) 39(2): 405-408.
- COSTANTINI, L., L. LUKŠIČ, R. MOLINARI, I. KREFT, G. BONAFACCIA, L. MANZI & N. MERENDINO, 2014: *Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients*. Food Chemistry (Amsterdam) 165: 232-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.095>
- COUCH, J. F., J. NAGHSKI & C. F. KREWSON, 1946: *Buckwheat as a source of rutin*. Science (Washington) 103(2668): 197-198. <https://doi.org/10.1126/science.103.2668.197>
- DANILA, A. M., A. KOTANI, H. HAKAMATA & F. KUSU, 2007: *Determination of rutin, catechin, epicatechin, and epicatechingallate in buckwheat Fagopyrum esculentum Moench by micro-high-performance liquid chromatography with electrochemical detection*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 55: 1139-1143. <https://doi.org/10.1021/jf062815i>
- DAY, T. A., B. W. HOWELLS & W. J. RICE, 1994: *Ultraviolet absorption and epidermal spectra in foliage*. Physiologia Plantarum (Helsinki) 92 (2): 207-218.  
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb05328.x>
- DIETRICH-SZOSTAK, D. & W. OLESZEK, 1999: *Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) grain*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 47(10): 4384-4387. <https://doi.org/10.1021/jf990121m>
- DIETRICH-SZOSTAK, D., 2004: *Flavonoids in hulls of different varieties of buckwheat and their antioxidant activity*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 621-625.
- DIMBERG, L. H., E. L. MOLTEBERG, R. SOLHEIM & W. FRÖLICH, 1996: *Variation in oat groats due to variety, storage and heat treatment. I: Phenolic compounds*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 24 (3): 263-272.  
<https://doi.org/10.1006/jcrs.1996.0058>
- DVOŘÁČEK, V., P. ČEPKOVA & A. MICHALOVÁ, 2004: *Protein content evaluation of several buckwheat varieties*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 734-736.
- EGGUM, B. O., 1980: *The protein quality of buckwheat in comparison with other protein sources of plant or animal origin*. In: Kreft I., B. Javornik & B. Dolinšek (Eds.): *Symposium on buckwheat*. Biotechnical faculty (Ljubljana), pp.115-120.
- EGGUM, B. O., I. KREFT & B. JAVORNIK, 1981: *Chemical composition and protein quality of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Plant Foods for Human Nutrition (New York) 30: 175-179. <https://doi.org/10.1007/BF01094020>
- FABJAN, N., J. RODE, I. J. KOŠIR, Z. WANG, Z. ZHANG & I. KREFT, 2003: *Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin*. Journal of Agriculture and Food Chemistry (München) 51(22): 6452-6455.  
<https://doi.org/10.1021/jf034543e>
- FABJAN, N., 2007: *Zel in zrnje tatarske ajde kot vir flavonoidov*. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo. Univerza v Ljubljani. Ljubljana. (Doktorska disertacija, 104 str.).
- FESSAS, D., M. SIGNORELLI, A. PAGANI, M. MARIOTTI, S. IAMETTI & A. SHIRALDI, 2008: *Guidelines for buckwheat enriched bread. Thermal analysis approach*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry (Washington) 91(1): 9-16.
- FOLIN – Ciocalteu reagent. 2009.  
<http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Sigma/Datasheet/6/47641dat.Par.0001.File.tmp/47641dat.pdf> (11.11.2009)
- FRONTELA, C., F. J. GARCIA – ALONSO, G. ROS & C. MARTINEZ, 2008: *Phytic acid and inositol phosphates in raw flours and infant cereals. The effect of processing*. Journal of Food Composition Analysis (Amsterdam) 21(4): 343-350.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.003>

- GABERŠČIK, A., M. VONČINA, T. TROŠT, M. GERM & L. O. BJÖRN, 2002: *Growth and production of buckwheat (Fagopyrum esculentum) treated with reduced, ambient and enhanced UV-B radiation*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology (Amsterdam) 66(1): 30–36.  
[https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00272-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00272-X)
- GADŽO, D., M. DJIKIĆ, T. GAVRIĆ & I. KREFT, 2009: *Comparison of phenolic composition of buckwheat sprouts and young plants*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS–Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 60–65.
- GAO, J., I. KREFT, G. CHAO, Y. WANG, W. LIU, L. WANG, P. WANG, X. GAO & B. FENG, 2016: *Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) starch, a side product in functional food production, as a potential source of retrograded starch*. Food Chemistry (Amsterdam) 190: 552–558.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.122>
- GERM, M., 2004: *Environmental factors stimulate synthesis of protective substances in buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 55–60.
- GERM, M., A. VOLLMANNOVA, M. TIMORACKA, S. MELICHACOVA, V. STIBILJ, M. VOGRINČIČ & I. KREFT, 2009: *Antioxidative substances of tartary buckwheat sprouts and impact of Se and Zn on the sprout development*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 46–53.
- GERM, M., B. BREZNIK, N. DOLINAR, I. KREFT & A. GABERŠČIK, 2013: *The combined effect of water limitation and UV-B radiation on common and Tartary buckwheat*. Cereal Research Communications (Budapest) 41(1): 97–105.  
<https://doi.org/10.1556/CRC.2012.0031>
- GHIMERAY, A. K., P. SHARMA & X. BRIATIA, 2009: *Phenolic content and free radical scavenging activity of seed, seedling and sprout of buckwheat*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 41–45.
- GOLOB, A., V. STIBILJ, I. KREFT & M. GERM, 2015: *The feasibility of using Tartary buckwheat as a Se-containing food material*. Journal of Chemistry (Hindawi) Article ID 246042: 1–4. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/246042>
- GOLOB, A., M. GERM, I. KREFT, I. ZELNIK, U. KRISTAN & V. STIBILJ, 2016a: *Selenium uptake and Se compounds in Se-treated buckwheat*. Acta botanica Croatica (Zagreb) 75 (1): 17–24. <https://doi.org/10.1515/bot-cro-2016-0016>
- GOLOB, A., D. GADŽO, V. STIBILJ, M. DJIKIĆ, T. GAVRIĆ, I. KREFT & M. GERM, 2016b: *Sulphur interferes with selenium accumulation in Tartary buckwheat plants*. Plant Physiology and Biochemistry (Amsterdam) 108: 32–36.  
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.07.001>
- GREGORI, M. & I. KREFT, 2012: *Breakable starch granules in a low-amylose buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) mutant*. International journal of food, agriculture & environment – JFAE (Helsinki) 10(2): 258–262.
- GRIFFITH, J. Q., J. F. COUCH & A. LINDAUER, 1944: *Effect of rutin on increased capillary fragility in man*. Proceedings of Society for Experimental Biology and Medicine (Hoboken) 55: 228–229.
- HÄDER, D. P., H. HERRMANN & R. SANTAS, 1996: *Effect of solar radiation and solar radiation deprived of UV-B and total UV on photosynthetic oxygen production and pulse amplitude modulated fluorescence in the brown alga Padina pavonia*. FEMS Microbiol Ecol 19 (1): 53–61. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1996.tb00198.x>
- HAGELS, H., 1999a: *Fagopyrum esculentum Moench. Chemical review*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 73: 29–38.
- HAGELS, H., 1999b: *Fagopyrum esculentum Moench. Medical review*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 73: 315–329.
- HÄKKINEN, S. H., S. O. KÄRENLAMPI, I. M. HEINONEN, H. M. MYKKÄNEN & A. R. TÖRRÖNEN, 1999: *Content of the flavonols quercetin, myricetin and kaempferol in 25 edible berries*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 47(6): 2274–2279. <https://doi.org/10.1021/jf9811065>
- HAN, M., Y. I. CHANG, S. J. LEE, J. M. PARK & B. K. KWON, 2005: *Stability of rutin by pH and enzymes during fermentation of buckwheat gochujang*. IFT Annual Meeting. (New Orleans).
- HATCHER, D. W., S. YOU, J. E. DEXTER, C. CAMPBELL & M. S. IZYDORCZYK, 2008: *Evaluation of the performance of flours from cross- and self-pollinating canadian common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) cultivars in soba noodles*. Food Chemistry (Amsterdam) 107(2): 722–731.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.072>

- HEIM, K. E., A. R. TAGLIAFERRO & D. J. BOBILYA, 2002: *Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships*. The Journal of Nutrition and Biochemistry (Hoboken) 13(10): 572–584. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5)
- HOBOWICZ, M. & R. L. OBENDORF, 2005: *Fagopyritol accumulation and germination of buckwheat seeds matured at 15, 22 and 300C*. Crop Science (Madison) 45: 1264–1270.
- HOLASOVÁ, M., V. FIDLEROVÁ, H. SMRCINOVÁ, M. ORSAK, J. LACHMAN & S. VAVREINOVÁ, 2002: *Buckwheat - the source of antioxidant activity in functional foods*. Food Research International (Hoboken) 35(2-3): 207–211. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00185-5)
- HUNG, P. V., T. MAEDA, R. TSUMORI & N. MORITA, 2007: *Characteristics of fractionated flours from whole buckwheat grain using a gradual milling system and their application for noodle making*. Journal of the Science of Food and Agriculture (Hoboken) 87 (15): 2823–2829. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3018>
- HUNG, P. V. & N. MORITA, 2008: *Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities*. Food Chemistry (Amsterdam) 109(2): 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.060>
- HURRELL, R. F., 2003: *Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability*. The American Society for Nutritional Sciences. Journal of Nutrition (Rockville) 133(9): 2973–2977.
- IKEDA, K., M. OKU, T. KUSANO & K. YASUMOTO, 1986: *Inhibitory potency of plant antinutrients towards the in vitro digestibility of buckwheat protein*. Journal of Food Science (Hoboken) 51(6): 1527–1530. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13851.x>
- IKEDA, S., M. EDOTANI & S. NAITO, 1990: *Zinc in buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 10: 51–57.
- IKEDA, K., T. SAKAGUCHI, T. KUSANO & K. YASUMOTO, 1991: *Endogenous factors affecting protein digestibility in buckwheat*. Cereal Chemistry (St. Paul) 68: 424–427.
- IKEDA, K. & M. KISHIDA, 1993: *Digestibility of protein in buckwheat seed*. Fagopyrum (Ljubljana) 13: 21–24.
- IKEDA, S. & Y. YAMAGUCHI, 1993: *Zinc contents in various samples and products of buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 13: 11–15.
- IKEDA, S. & Y. YAMASHITA, 1994: *Buckwheat as a dietary source of zinc, copper and manganese*. Fagopyrum (Ljubljana) 14: 29–34.
- IKEDA, K., 1997: *Molecular cookery science*. In: Cookery Science for the 21<sup>st</sup> Century, Vol. 4. (Tokyo).
- IKEDA, K., R. ARAI, J. FUJIWARA, Y. ASAMI & I. KREFT, 2001: *Food-scientific characteristics of products*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 489–493.
- IKEDA, S., K. TOMURA, Y. YAMASHITA & I. KREFT, 2001: *Nutritional profile of minerals in buckwheat and its products*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 485–488.
- IKEDA, K., 2002: *Buckwheat composition, chemistry, and processing*. Advances in Food and Nutrition Research (Amsterdam) 44: 395–434. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(02\)44008-9](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(02)44008-9)
- IKEDA, K. & S. IKEDA, 2003: *Buckwheat in Japan*. In: Kreft I., K. J. Chang, Y. S. Choi & C. H. Park (Eds.): *Ethnobotany of Buckwheat*. Jinsol Publishing Co. (Seoul), pp. 54–69.
- IKEDA, S., K. TOMURA, M. MIYA & I. KREFT, 2004: *Buckwheat minerals and their nutritional role*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 650–652.
- IKEDA, K., S. IKEDA, I. KREFT & R. LIN, 2012: *Utilization of tartary buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 29: 27–30.
- IM, J. S., H. E. HUFF & F. H. HSIEH, 2003: *Effect of processing conditions on the physical and chemical properties of buckwheat grit cakes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 51(3): 659–666. <https://doi.org/10.1021/jf0259157>
- JANOVSKÁ, D., L. ŠTOČKOVÁ & Z. STEHNO, 2009: *Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural Products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 20–24.
- JAVORNIK, B., 1980: *Proučevanje nekaterih lastnosti beljakovin ajde*. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Oddelek za agronomijo. Ljubljana. (Magistrsko delo, 45 str.).
- JAVORNIK, B., B. O. EGGUM & I. KREFT, 1981: *Studies on protein fractions and protein quality of buckwheat*. Genetika (Beograd) 13: 115–121.

- JAVORNIK, B., 1983: *Nutritional quality and composition of buckwheat proteins*. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Buckwheat. (Miyazaki, IBRA), pp. 199–212.
- JAVORNIK, B. & I. KREFT, 1984: *Characterization of buckwheat proteins*. Fagopyrum (Ljubljana) 4: 30–38.
- JAVORNIK, B., 1986: *Buckwheat in human diets*. In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Buckwheat. (Pulawy, IBRA), pp. 51–78.
- JIANG, P., F. BURCZYNSKI, C. CAMPBELL, G. PIERCE, J. A. AUSTRIA & C. J. BRIGGS, 2007: *Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species Fagopyrum esculentum, F. tataricum and F. homotropicum and their protective effects against lipid peroxidation*. Food Research International (Hoboken) 40(3): 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.009>
- KALINOVÁ, J. & E. DADÁKOVÁ, 2004: *Varietal differences of rutin in common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) determined by micellar electrokinetic capillary chromatography*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 719–722.
- KANG, M. J., J. I. KIM, S. H. JUNG, H. Y. KIM & J. C. KIM, 2001: *The Effect of buckwheat on postprandial blood glucose and insulin level in normal subjects*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 577–580.
- KAYASHITA, J., I. SHIMAOKA, M. NAKAJOH, N. KISHIDA & N. KATO, 1999: *Consumption of a buckwheat protein extract retards 7,12-dimethylbenz[alpha]anthracene-induced mammary carcinogenesis in rats*. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry (Oxford) 63(10): 1837–1839. <https://doi.org/10.1271/bbb.63.1837>
- KAWA, J.M., C.G. TAYLOR & R. PRZYBYLSKI, 2003: *Buckwheat concentrate reduces serum glucose in streptozotocin-diabetic rats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 51(25): 7287–7291. <https://doi.org/10.1021/jf0302153>
- KIM, Y. S. & J. G. KIM, 2001: *Studies on the rutin content and fatty acid composition in buckwheat sprouts*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 561–563.
- KIM, S. L., S. K. KIM, Y. H. LEE & C. H. PARK, 2001a: *Varietal Differences of Fatty Acid and Vitamin E Content in Buckwheat Grains*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 523–531.
- KIM, S. L., H. B. LEE, C. H. PARK & S. D. KIM, 2001b: *Effect of different types of light on accumulation of organic acids, sugars and phenolic compounds in buckwheat plants*. In: *Buckwheat research I*. The Proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 24–26.
- KIM, S. L., Y. K. SOON, J. J. HWANG, S. K. KIM, H. S. HUR & C. H. PARK, 2001c: *Development and utilization of buckwheat sprouts as functional vegetables*. Fagopyrum (Ljubljana) 18: 6.
- KIM, S., S. KIM & C. H. PARK, 2004: *Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable*. Food Research International (Hoboken) 37(4): 319–327. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2003.12.008>
- KIM, S. J., I. S. M. ZAIDUL, T. MAEDA, T. SUZUKI, N. HASHIMOTO, S. TAKIGAWA, T. NODA, C. MATSUURA-ENDO & H. YAMAUCHI, 2007: *A time-course study of flavonoids in the sprouts of (Fagopyrum tataricum Gaertn.) buckwheats*. Scientia Horticulture (Amsterdam) 115(1): 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.07.018>
- KIM, S. J., I. S. M. ZAIDUL, T. SUZUKI, Y. MUKASA, N. HASHIMOTO, S. TAKIGAWA, T. NODA, C. MATSUURA-ENDO & H. YAMAUCHI, 2008: *Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (Fagopyrum) sprouts*. Food Chemistry (Amsterdam) 110: 814–820. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.050>
- KITABAYASHI, H., A. UJIHARA, T. HIROSE & M. MINAMI, 1995: *On the genotypic differences for rutin content in tartary buckwheat Fagopyrum tataricum Gaertn.* Breeding Science (Tokyo) 45: 189–194. <https://doi.org/10.1270/jsbbs1951.45.189>
- KRAHL, M., W. BACK, M. ZAZNKOW & S. KREISZ, 2008: *Determination of optimised malting conditions for the enrichment of rutin, vitexin and orientin in common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Journal of the Institute of Brewing (Hoboken) 114: 294–299. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00772.x>
- KREFT, I., 1989: *Breeding of determinate buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 9: 57–59.
- KREFT, I. & A. DE FRANCISCO, 1989: *Morphological studies on the location and size of the buckwheat embryo*. Fagopyrum (Ljubljana) 9: 47–48.
- KREFT, I. & Z. LUTHAR, 1993: *Sekundarni metaboliti ječmena, ajde in šentjanževke kot možne protivirusne učinkovine*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani – Agronomija (Ljubljana) 61: 29–32.
- KREFT, I., 1994: *Traditional buckwheat food in Europe*. Bulletin of the Research Institute for Food Science (Kyoto) 57: 1–8.

- KREFT, I., G. BONAFACCIA & A. ŽIGO, 1994: *Secondary metabolites of buckwheat and their importance in human nutrition*. Prehrambeno-tehnološka i biotehnološka revija (Zagreb) 32(4): 195–197.
- KREFT, I., 1995: Ajda. Ljubljana.
- KREFT, I., V. SKRABANJA, S. IKEDA, K. IKEDA & G. BONAFACCIA, 1996: *Dietary value of buckwheat*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 67: 73–78.
- KREFT, M. & S. KREFT, 1999: *Computer aided three-dimensional reconstruction of the buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seed morphology*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 73: 331–336.
- KREFT, S., M. KNAPP & I. KREFT, 1999: *Extraction of rutin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds and determination by capillary electrophoresis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 47(11): 4649–4652.  
<https://doi.org/10.1021/jf990186p>
- KREFT, S. & M. KREFT, 2000: *Localization and morphology of the buckwheat embryo*. Fagopyrum (Ljubljana) 17: 15–19.
- KREFT, I., 2001: *Buckwheat research, past, present and future perspectives – 20 years of internationality coordinated research*. In: *Advances in Buckwheat Research I*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 361–366.
- KREFT, I. & V. ŠKRABANJA, 2002: *Nutritional properties of starch in buckwheat noodles*. Journal of Nutritional Science and Vitaminology (Tokyo) 48(1): 47–50.
- KREFT, S., B. ŠTRUKELJ, A. GABERŠČIK & I. KREFT, 2002: *Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method*. Journal of Experimental Botany (Oxford) 53(375): 1801–1804.  
<https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
- KREFT, I., 2003: *Buckwheat in Slovenia*. In: Kreft I., J. K. Chang, Y. S. Choi & C. H. Park (Eds.): *Ethnobotany of Buckwheat*. Jinsol Publishing Co. (Seoul), pp. 91–115.
- KREFT, I., N. FABJAN & K. YASUMOTO, 2006: *Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products*. Food Chemistry (Amsterdam) 98(3): 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.081>
- KREFT, I., 2009: Tatarska ajda na Dolenjskem, Gorenjskem in Koroškem pred 30-imi leti. Biotehniška fakulteta. Ljubljana. (osebni vir, december 2009).
- KREFT, I., 2013: *Buckwheat research from genetics to nutrition*. Fagopyrum (Ljubljana) 30: 3–7.
- KREFT, I., Š. MECHORA, M. GERM & V. STIBILJ, 2013: *Impact of selenium on mitochondrial activity in young Tartary buckwheat plants*. Plant physiology and biochemistry (Amsterdam) 63: 196–199. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.11.027>
- KREFT, S., D. JANEŠ & I. KREFT, 2013: *The content of fagopyrin and polyphenols in common and Tartary buckwheat sprouts*. Acta Pharmaceutica (Zagreb) 63(4): 553–560.  
<https://doi.org/10.2478/acph-2013-0031>
- KREFT, I., B. VOMBERGAR, P. PONGRAC, C. H. PARK, K. IKEDA, S. IKEDA, A. VOLLMANNOVÁ, K. DZIEDZIC, G. WIESLANDER, D. NORBÄCK, V. ŠKRABANJA, I. PRAVST, A. GOLOB, L. LUKŠIČ, G. BONAFACCIA, N. K. CHRUNGGOO, M. ZHOU, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR, A. GABERŠČIK & M. GERM, 2016a: *Coordinated buckwheat research: genetics, environment, structure and function*. In: The 13th international symposium on buckwheat. (Korea), pp. 29–37.
- KREFT, I., G. WIESLANDER & B. VOMBERGAR, 2016b: *Bioactive flavonoids in buckwheat grain and green parts*. In: Zhou M. & I. Kreft (Eds.): *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. Academic Press is an imprint of Elsevier (London), pp. 161–167.
- KREFT, M., 2016: *Buckwheat phenolic metabolites in health and disease*. Nutrition Research Reviews (Cambridge) 29(1): 30–39. <https://doi.org/10.1017/S0954422415000190>
- LEE, H. B., S. L. KIM & C. H. PARK, 2001a: *Productivity of whole plant and rutin content under the different photo-periods in buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research I*. The Proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 79–83.
- LEE, H. B., S. L. KIM & C. H. PARK, 2001b: *Productivity of whole plant and rutin content under the different quality of light in buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research I*. The Proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 84–89.
- LEE, M. H., J. S. LEE & T. H. LEE, 2004: *Germination of buckwheat grain: Effects on minerals, rutin, tannins and colour*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 50–54.

- LEE, S. J., S. J. KIM, M. S. HAN & K. S. CHANG, 2005: *Changes of rutin in quercetin in commercial Gochujang prepared with buckwheat flour during fermentation*. Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition (Busan) 34(4): 509–512.  
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.4.509>
- LI, Y., Y. J. ZU, H. CHEN, J. YANG & Z. HU, 2000: *Intraspecific differences in physiological response of 20 wheat cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions*. Environmental and Experimental Botany (Amsterdam) 44(2): 95–103.  
[https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(00\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(00)00057-5)
- LI, D., X. LI, X. DING & K. H. PARK, 2008: *A process for preventing enzymatic degradation of rutin in tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) flour*. The Food Science and Biotechnology (Seoul) 17: 118–122.
- LIN, R., 2004: *The development and utilization of tartary buckwheat resources*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 252–258.
- LIN, R., R. JIANZHEN & S. WEI, 2004: *An observation of the effect of tartary buckwheat tea on lowering blood glucose*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 543–546.
- LIU, B. & Y. ZHU, 2007: *Extraction of flavonoids from flavonoid-rich parts in tartary buckwheat and identification of the main flavonoids*. Journal of Food Engineering (Amsterdam) 78(2): 584–587. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.001>
- LIU, C. L., Y. S. CHEN, J. H. YANG & B. H. CHIANG, 2008: *Antioxidant activity of tartary (Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn.) and common (Fagopyrum esculentum Moench) buckwheat sprouts*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 56(1): 173–178. <https://doi.org/10.1021/jf072347s>
- LUKŠIČ, L., J. ÁRVAY, A. VOLLMANNOVÁ, T. TÓTH, V. SKRABANJA, J. TRČEK, M. GERM & I. KREFT, 2016a: *Hydrothermal treatment of Tartary buckwheat grain hinders the transformation of rutin to quercetin*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 72: 131–134. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.009>
- LUKŠIČ, L., G. BONAFACCIA, M. TIMORACKÁ, A. VOLLMANNOVÁ, J. TRČEK, T. KOŽELJ NYAMBE, V. MELINI, R. ACQUISTUCCI, M. GERM & I. KREFT, 2016b: *Rutin and quercetin transformation during preparation of buckwheat sourdough bread*. Journal of cereal science (Amsterdam) 69: 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.011>
- LUTHAR, Z., 1992a: *Polyphenol classification and tannin content of buckwheat seeds (Fagopyrum esculentum Moench)*. Fagopyrum (Ljubljana) 12: 36–42.
- LUTHAR, Z., 1992b: *Vsebnost in razporeditev tanina v semenih ajde*. Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Oddelek za agronomijo. Ljubljana. (Doktorska disertacija, 84 str.).
- LUTHAR, Z. & I. KREFT, 1996: *Composition of tannin in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) seeds*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Ljubljana) 67: 59–65.
- MA, R., G. ZHAO & Y. TANG, 2001: *Nutritional and medicinal values of Fagopyrum dibortrys Hara*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 537–539.
- MATILLA, P., J. M. PIHLAVA & J. HELLSTÖM, 2005: *Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 53(21): 8290–8295.  
<https://doi.org/10.1021/jf051437z>
- MERENDINO, N., R. MOLINARI, L. COSTANTINI, A. MAZZACUTO, A. PUCCI, F. BONAFACCIA, M. ESTI, B. CECCANTONI, C. PAPESCHI & G. BONAFACCIA, 2014: *A new “functional” pasta containing Tartary buckwheat sprouts as an ingredient improves the oxidative status and normalizes some blood pressure parameters in spontaneously hypertensive rats*. Food & Function (Cambridge) 5(5): 1017–1026.  
<https://doi.org/10.1039/C3FO60683J>
- MICHALOVÁ, A., D. GABROVSKA, V. FIEDLEROVÁ, M. HOLASOVÁ, E. MASKOVA & H. SMRCINOVA, 2001: *Nutritional changes during the germination of diploid and tetraploid buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 564–570.
- MIYAKE, K., R. MORITA, T. HANDOYO, T. MAEDA & N. MORITA, 2004: *Characteristics of graded buckwheat flours and functional properties of germinated buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 660–664.
- MORISHITA, T., H. Y. YAMAGUCHI & K. DEGI, 2007: *The contribution of polyphenols to antioxidative activity in common buckwheat and tartary buckwheat grain (Post harvest Physiology)*. Plant Production Science (Oxford) 10(1): 99–104.

<http://dx.doi.org/10.1626/ppp.10.99>

- MOURIA, M., A. S. GUKOVSKAYA, Y. JUNG, P. BUECHLER, O. J. HINES, H. A. REBER & S. J. PANDOL, 2002: *Food – derived polyphenols inhibit pancreatic cancer growth through cytochrome C release and apoptosis*. International Journal of Cancer (Hoboken) 98(5): 761–769. <https://doi.org/10.1002/ijc.10202>
- MUKASA, Y., T. SUZUKI & Y. HONDA, 2009: *Suitability of rice-tartary buckwheat for crossbreeding and for utilization of rutin*. Japan Agricultural Research Quarterly (Ibaraki) 43(3): 199–206. <http://doi.org/10.6090/jarq.43.199>
- NAKAMURA, Y., S. ISHIMITSU & Y. TONOGAI, 2000: *Effects of quercetin and rutin on serum and hepatic lipid concentrations, fecal steroid excretion and serum antioxidants properties*. Journal of Health Science (Tokyo) 46(4): 229–240. <http://doi.org/10.1248/jhs.46.229>
- NEMCOVA, L., J. ZIMA, J. BAREK & D. JANOVSKA, 2011: *Determination of resveratrol in grains, hulls and leaves of common and tartary buckwheat by HPLC with electrochemical detection at carbon paste electrode*. Food Chemistry (Amsterdam) 126(1): 374–378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.108>
- ODORCIC, S. & R. L. OBENDORF, 2003: *Galactosyl cyclitol accumulation enhanced by substrate feeding of soybean embryos*. In: Nicolás G., K. J. Bradford, D. Come & H. W. Pritchard (Eds.): *The Biology of Seeds - Recent Research Advances*. The proceedings of 7th International Workshops on Seeds. (Salamanca, CAB International), pp. 51–60.
- OHNISHI, O., 2004: *On the Origin of Cultivated Buckwheat*. In: *Advances in Buckwheat research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 16–21.
- OHSAWA, R. & T. TSUTSUMI, 1995: *Inter-varietal variations of rutin content in common buckwheat flour (Fagopyrum esculentum Moench)*. Euphytica (Dordrecht) 86(3): 183–189.
- ÖLSCHLÄGER, C., D. TREUTTER & F. J. ZELLER, 2004: *Breeding buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) for flavonoids*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 674–678.
- OLSSON, L., 1999: *Modification of flavonoid content and photosynthesis by ultraviolet-B radiation. Atrazine-tolerant and sensitive cultivars of Brassica napus*. Lund University, Section of plant physiology. Lund. (Doctoral dissertation, 104 pp.).
- OOMAH, B. D. & G. MAZZA, 1996: *Flavonoids and antioxidant activities in buckwheat*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 44(7): 1746–1750. <https://doi.org/10.1021/jf9508357>
- ORGANSKA STRUKTURA FLAVONOIDOV.  
[http://www.akspublication.com/paper05\\_jul-dec2007/figure1.gif](http://www.akspublication.com/paper05_jul-dec2007/figure1.gif) (17.1.2010)
- ORSAK, M., J. LACHMAN, M. VEJDOVA, V. PIVEC & K. HAMOUZ, 2001: *Changes of selected secondary metabolites in potatoes and buckwheat caused by UV, gamma and microwave irradiation*. Rostlinna Vyroba (Hosín) 47: 493–500.
- OŽBOLT, L., S. KREFT, I. KREFT, M. GERM & V. STIBILJ, 2008: *Distribution of selenium and phenolics in buckwheat plants grown from seeds soaked in Se solution and under different levels of UV-B radiation*. Food Chemistry (Amsterdam) 110(39): 691–696. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.073>
- PARK, C. H., Y. B. KIM, Y. S. CHOI, K. HEO, S. L. KIM, K. C. LEE, K. J. CHANG & H. B. LEE, 2000: *Rutin content in food products processed from groats, leaves and flowers of buckwheat*. Fagopyrum (Ljubljana) 17: 63–66.
- PARK, B. J. & C. H. PARK, 2004: *Cytotoxic activities of tartary buckwheat against human cancer cells*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 665–668.
- PARK, B. J., J. I. PARK, K. J. CHANG & C. H. PARK, 2004: *Comparison in rutin content in seed and plant of tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum)*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 626–629.
- PAULÍČKOVÁ, I., K. VYŽRALOVÁ, M. HOLASOVÁ, V. FIEDLEROVÁ & S. VAVREINOVÁ, 2004: *Buckwheat as functional food*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 587–592.
- PAULÍČKOVÁ, I., A. LANDFELD, V. FIEDLEROVÁ & S. VAVREINOVÁ, 2005: *Bakery products with higher rutin content*. Poster. In: *3rd International Congress Flour – Bread 2005*. Fakultet za prehrambeno tehnologiju Osijek. (Opatija), pp. 43.
- PIAO, S. I. & L. H. LI, 2001: *The actuality of produce and exploitation of Fagopyrum in China*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 571–576.

- POMERANZ, Y., 1983: *Buckwheat: structure, composition, utilization*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition (Oxford) 19(3): 213–258.  
<https://doi.org/10.1080/10408398309527376>
- PONGRAC, P., K. VOGEL-MIKUŠ, L. JEROMEL, P. VAVPETIČ, P. PELICON, B. KAULICH, A. GIANONCELLI, D. EICHERT, M. REGVAR & I. KREFT, 2013a: *Spatially resolved distributions of the mineral elements in the grain of tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum)*. Food Research International 54(1): 125–131.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.020>
- PONGRAC, P., I. KREFT, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR, M. GERM, N. GR LJ, L. JEROMEL, D. EICHERT, B. BUDIČ & P. PELICON, 2013b: *Relevance for food sciences of quantitative spatially resolved element profile investigation in wheat (Triticum aestivum) grain*. Journal of Royal Society Interface (London) 10(84): 20130296.  
<https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0296>
- PONGRAC, P., N. SCHEERS, A.-S. SANDBERG, M. POTISEK, I. ARČON, I. KREFT, P. KUMP & K. VOGEL-MIKUŠ, 2016a: *The effects of hydrothermal processing and germination on Fe speciation and Fe bioaccessibility to human intestinal Caco-2 cells in Tartary buckwheat*. Food Chemistry (Amsterdam) 199: 782–790.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.071>
- PONGRAC, P., K. VOGEL-MIKUŠ, M. POTISEK, E. KOVAČEC, B. BUDIČ, P. KUMP, M. REGVAR & I. KREFT, 2016b: *Mineral and trace element composition and importance for nutritional value of buckwheat grain, groats and sprouts*. In: Zhou M., I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo & G. Wieslander (Eds.): *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. Academic Press, Elsevier (Amsterdam), pp. 261–272.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00020-1>
- PONGRAC, P., M. POTISEK, A. FRAŠ, M. LIKAR, B. BUDIČ, K. MY SZKA, D. BOROS, M. NEČEMER, M. KELEMEN, P. VAVPETIČ, P. PELICON, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR & I. KREFT, 2016c: *Composition of mineral elements and bioactive compounds in Tartary buckwheat and wheat sprouts as affected by natural mineral-rich water*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 69: 9–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.002>
- PONGRAC, P., P. KUMP, B. BUDIČ & K. VOGEL-MIKUŠ, 2016d: *Magnesium and phosphorus distributions in developing tartary buckwheat cotyledons = Razporeditev magnezija in fosforja v razvijajočih se kličnih listih tatarske ajde*. Folia Biologica et Geologica (Ljubljana) 57 (2): 45–56. <http://dx.doi.org/10.3986/fbg0011>
- PONGRAC, P., N. SCHEERS, A. S. SANDBERG, M. POTISEK, I. ARČON, I. KREFT, P. KUMP & K. VOGEL-MIKUŠ, 2016e: *The effects of hydrothermal processing and germination on Fe speciation and Fe bioaccessibility to human intestinal Caco-2 cells in Tartary buckwheat*. Food Chemistry (Amsterdam) 199: 782–790.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.071>
- PONGRAC, P., M. POTISEK, A. FRAŠ, M. LIKAR, B. BUDIČ, K. MY SZKA, D. BOROS, M. NEČEMER, M. KELEMEN, P. VAVPETIČ, P. PELICON, K. VOGEL-MIKUŠ, M. REGVAR & I. KREFT, 2016f: *Composition of mineral elements and bioactive compounds in tartary buckwheat and wheat sprouts as affected by natural mineral-rich water*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 69: 9–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.002>
- PRESTAMO, G., A. PEDRAZUELA, E. PENAS, M. A. LASUNCION & G. ARROYO, 2003: *Role of buckwheat diet on rats as prebiotic and healthy food*. Nutrition Research (Amsterdam) 23(6): 803–814. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(03\)00074-5](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(03)00074-5)
- QIAN, J. Y., D. MAYER & M. KUHN, 1999: *Flavonoids in fine buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) flour and their free radical scavenging activities*. Deutsche Lebensmittel-Rundschau (München) 95: 343–349.
- QUETTIER-DELEU, C., B. GRESSIER, J. VASSEUR, T. DINE, C. BRUNET, M. LUYCKX, M. CAZIN, J. C. CAZIN, F. BAILLEUL & F. TROTIN, 2000: *Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) hulls and flour*. Journal of Ethnopharmacology (Amsterdam) 72(1-2): 35–42.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00196-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00196-3)
- RAHMAN, A., SHAHABUDDIN, S. M. HADI, J. H. PARISH & K. AINLEY, 1989: *Strand scission in DNA induced by quercetin and Cu(II): role of Cu(I) and oxygen free radicals*. Carcinogenesis (Oxford) 10(10): 1833–1839.  
<https://doi.org/10.1093/carcin/10.10.1833>
- REGVAR, M., U. BUKOVNIK, M. LIKAR & I. KREFT, 2012: *UV-B radiation affects flavonoids and fungal colonisation in Fagopyrum esculentum and F. tataricum*. Central European Journal of Biology (Warsaw) 7(2): 275–283.  
<https://doi.org/10.2478/s11535-012-0017-4>

- ROZEMA, J., J. VAN DE STAAL, L. O. BJÖRN & M. CALDWELL, 1997: *UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation*. Trends in Ecology & Evolution (Amsterdam) 12(1): 22–28.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(96\)10062-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(96)10062-8)
- ROZEMA, J., L. O. BJÖRN, J. F. BORNMAN et al., 2002: *The role of UV-B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems – an experimental and functional analysis of the evolution of UV-B compound*. Journal of Photochemistry and Photobiology, B. Biology (Amsterdam) 66(1): 2–12. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00269-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00269-X)
- RUSSO, A., R. ACQUAVIVA, A. CAMPISI, A. SORRENTI, C. DI GIACOMO, G. VIRGATA, L. BARCELLONA & A. VANELLA, 2000: *Bioflavonoids as antiradicals, antioxidants and DNA cleavage protectors*. Cell Biology and Toxicology (Dordrecht) 16: 91–98.  
<https://doi.org/10.1023/A:1007685909018>
- SANTOS, A., J. M. ALMEIDA, I. SANTOS & R. SALEMA, 1998: *Biochemical and ultrastructural changes in pollen of Zea mays L. grown under enhanced UV-B radiation*. Annals of Botany (Oxford) 82(5): 641–645. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0724>
- SCHÖBER, T. J., C. M. O'BRIEN, D. MCCARTHY, A. DARNEDDE & E. K. ARENDT, 2003: *Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits*. European Food Research Technology (Berlin) 216(5): 369–376.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-003-0694-3>
- SCHREIBER, U., W. BILGER & C. NEUBEUER, 1995: *Chlorophyll fluorescence as a noninvasive for rapid assessment of in vivo photosynthesis*. In: Schulze E. D. & M. M. Caldwell (Eds.): *Ecophysiology of Photosynthesis*. Springer-Verlag (Berlin), pp. 49–70.
- ŞENSOY, İ., R. T. ROSEN, C. T. HO & M. V. KARWE, 2006: *Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity*. Food Chemistry (Amsterdam) 99(2): 388–393.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.007>
- SHAHIDI, F. & M. NACZK, 2003: *Phenolics in foods and nutraceuticals*. London.
- SHAN, F., H. LI, J. BIAN, X. DENG, Q. SUN, R. LIN, G. REN, A. YEUNG & S. KWONG, 2004: *Tartary buckwheat cultivation according to SFDA good agriculture practice (GAP) guidelines for traditional chinese medicine. II. High quality tartary buckwheat production technology and tartary buckwheat quality management*. In: *Advances in buckwheat research*. Proceeding of the 9th International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 581–586.
- SKERRITT, J. H., 1986: *Molecular comparison of alcohol-soluble wheat and buckwheat proteins*. Cereal Chemistry (St. Paul) 63(4): 365–369.
- SMRKOLJ, P., V. STIBILJ, I. KREFT & M. GERM, 2006: *Selenium species in buckwheat cultivated with foliar addition of Se (VI) and various levels of UV-B radiation*. Food Chemistry (Amsterdam) 96(4): 675–681.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.002>
- SOON-MI, K., J. I. PARK, B. J. PARK, K. J. CHANG & C. H. PARK, 2006: *Flavonoid content and antioxidant activity of tartary buckwheat*. Proceedings of International forum on tartary industrial economy (Peking): 149–153.
- STAPLETON, A. E., C. S. THORNBOROUGH & A. WALBOT, 1997: *UV-B component of sunlight causes measurable damage in field-grown maize (Zea mays L.): Development and cellular heterogeneity of damage and repair*. Plant Cell & Environment (Chichester) 20: 279–290.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1997.d01-81.x>
- STEADMAN, K. J., K. J. BURGOON, M. S. SCHUSTER, B. A. LEWIS, S. E. EDWARDSON & R. L. OBENDORF, 2000: *Fagopyritols, D-chiro-Inositol, and other soluble carbohydrates in buckwheat Seed Milling Fractions*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 48(7): 2843–2847. <https://doi.org/10.1021/jf990709t>
- STEADMAN, K. J., M. S. BURGOON, B. A. LEWIS & S. E. EDWARDSON, 2001a: *Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition, and dietary fibre*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 33(3): 271–278.  
<https://doi.org/10.1006/jcrs.2001.0366>
- STEADMAN, K. J., M. S. BURGOON, B. A. LEWIS, S. E. EDWARDSON & R. L. OBENDORF, 2001b: *Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions*. Journal of the Science of Food and Agriculture (Hoboken) 81(11): 1094–1100.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.914>
- STEHNÓ, Z., D. JANOVSKA & L. ŠTOČKOVÁ, 2009: *Changes in buckwheat sprout composition during germination*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyoung, IBRA), pp. 25–30.

- STIBILJ, V., I. KREFT, P. SMRKOLJ & J. OSVALD, 2004: *Enhanced selenium content in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) and pumpkin (Cucurbita pepo L.) seeds by foliar fertilisation*. European Food Research and Technology (Heidelberg) 219(2): 142–144. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0927-0>
- STOJILKOVSKI, K., N. KOČEVAR GLAVAČ, S. KREFT & I. KREFT, 2013: *Fagopyrin and flavonoid contents in common, Tartary, and cymosum buckwheat*. Journal of Food Composition and Analysis (Amsterdam) 32(2): 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.07.005>
- STØRSRUD, S., I. M. YMAN & R. A. LENNER, 2003: *Gluten contamination in oat products and products naturally free gluten*. European Food Research Technology (Berlin) 217(6): 481–485. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0786-0>
- STRUKTURA FLAVONOIDOV.  
<http://www.mateleao.com.br/imagens/artigos/flavonoids.gif> (17.1.2010)
- STRUKTURA V NARAVI PRISOTNIH FLAVONOIDOV S PRIKAZOM ŠTEVILČENJA ZA AROMATSKIH OBROČIH. <http://www.chiro.org/nutrition/FULL/querc-fig1.jpg> (6.9.2009)
- SUZUKI, T., Y. HONDA, W. FUNATSUKI & K. NAKATSUKA, 2002: *Purification and characterization of flavonol 3-glucosidase, and its activity during ripening in tartary buckwheat seeds*. Plant Science (Amsterdam) 163(3): 417–423. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00158-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00158-9)
- SUZUKI, T., Y. HONDA & Y. MUKASA, 2004: *Effect of lipase, lipoxygenase and peroxidase on quality deteriorations in buckwheat flour*. In: *Advances in buckwheat research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 692–698.
- SUZUKI, T., Y. HONDA & Y. MUKASA, 2005a: *Effect of UV-B radiation, cold and desiccation stress on rutin concentration and rutin glucosidase activity in tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum) leaves*. Plant Science (Amsterdam) 168(5): 1303–1307. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.01.007>
- SUZUKI, T., S. J. KIM, H. YAMAUCHI, S. TAKIGAWA, Y. HONDA & Y. MUKASA, 2005b: *Characterization of flavonoid 3-O-glucosyltransferase and its activity during cotyledon growth in buckwheat (Fagopyrum esculentum)*. Plant Science (Amsterdam) 169(5): 943–948. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.06.014>
- SUZUKI, T., S. J. KIM, S. TAKIGAWA, Y. MUKASA, N. HASHIMOTU, K. SAITO, T. NODA, C. MATSUURA-ENDO, S. M. ZAIDUL & H. YAMAUCHI, 2007: *Changes in rutin concentration and flavonol-3-glucosidase activity during seedling growth in tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.)*. Canadian Journal of Plant Science (Ottawa) 87(1): 83–87. <https://doi.org/10.4141/P05-151>
- ŠKRABANJA, V. & I. KREFT, 1994: *Resistant starch in human nutrition*. In: *Proceedings of IPBA*, Biotehniška fakulteta, Ljubljana (Rogla), pp. 267–272.
- ŠKRABANJA, V. & I. KREFT, 1998: *Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats. An in vitro study*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 46(5): 2020–2023. <https://doi.org/10.1021/jf970756q>
- ŠKRABANJA, V., H. N. LAERKE & I. KREFT, 1998: *Effects of hydrothermal processing of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats*. Journal of Cereal Science (Amsterdam) 28: 209–214.
- ŠKRABANJA, V., H. N. LAERKE & I. KREFT, 2000: *Protein-polyphenol interactions and in vivo digestibility of buckwheat groat proteins*. Pflügers Archiv - European Journal of Applied Physiology (Berlin) 440 (Suppl. 1): R129–R131. <https://doi.org/10.1007/s004240000033>
- ŠKRABANJA, V., H. G. M. LILJEBERG ELMSTÅHL, I. KREFT & I. M. E. BJÖRCK, 2001: *Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in Vitro and in Vivo*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 49(1): 490–496. <https://doi.org/10.1021/jf000779w>
- ŠKRABANJA, V., I. KREFT, T. GOLOB, M. MODIC, S. IKEDA, K. IKEDA, S. KREFT, G. BONAFACCIA, M. KNAPP & K. KOSMELJ, 2004: *Nutrient content in buckwheat milling fractions*. Cereal Chemistry (St. Paul) 81(2): 172–176. <https://doi.org/10.1094/CHEM.2004.81.2.172>
- ŠKRABANJA, V., 2014: *Rad bi vedel več --- o ajdi = Ich würde gern mehr wissen --- über Buchweizen = I'd like to know more --- about buckwheat = Vorrei saperne di più ---sul grano saraceno*. Novo mesto.

- ŠKRABANJA, V., B. KOVAČ & I. KREFT, 2015: *Prebavljivost ajdovega škroba = Digestibility of buckwheat starch*. V: Raspor P. & S. Smole Možina (ur.): *Ajda od njive do zdravja, (Hrana in prehrana za zdravje, 2)*. Fakulteta za vede o zdravju, Inštitut za živila, prehrano in zdravje (Izola), str. 107-118.
- ŠKRABANJA, V. & I. KREFT, 2016: *Nutritional value of buckwheat proteins and starch*. In: Zhou M. & I. Kreft (Eds.): *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. Academic Press is an imprint of Elsevier. (London), pp. 169-176.
- ŠTOČKOVÁ, L., E. MATĚJOVÁ, D. JANOVSKÁ & S. SÝKOROVÁ, 2009: *Laboratorní přístroje a postupy*. Chemické Listy (Praha) 103: 827–831.
- TAIZ, L. & E. ZEIGER, 2006: *Plant physiology. Fourth Edition*. Sunderland Massachusetts.
- TOMOTAKE, H., I. SHIMAOKA, J. KAYASHITA, F. YOKOYAMA, M. NAKAJOH & N. KATO, 2000: *A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters*. Journal of Nutrition (Rockville) 130: 1670–1674.
- TOREL, J., J. CILLARD & P. CILLARD, 1986: *Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical*. Phitochemistry (Amsterdam) 25(2): 383–385.  
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)85485-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)85485-0)
- TVARI S UČINCIMA NA BIOLOŠKU DOSTOPNOST MINERALA. 2009. *Prehrambenobiotehnoški fakultet*. Zagreb.  
<http://www.pbf.hr/.../Tvari+s+ucincima+na+biolosku+dostupnost+minerala.pdf> (11.11.2009)
- VELIOGLU, Y. S., G. MAZZA, L. GAO & B. D. OOMAH, 1998: *Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 46(10): 4113–4117.  
<https://doi.org/10.1021/jf9801973>
- VOGRINČIČ, M., P. CUDERMAN, I. KREFT & V. STIBILJ, 2009: *Selenium and its species distribution in above-ground plant parts of selenium enriched buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench)*. Analytical Sciences (Bethesda) 25(11): 1357–1362.
- VOGRINČIČ, M., M. TIMORACKA, S. MELICHACOVA, A. VOLLMANNOVA & I. KREFT, 2010: *Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of Tartary buckwheat bread*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 58(8): 4883–4887.  
<http://dx.doi.org/10.1021/jf9045733>
- VOGRINČIČ, M., I. KREFT, M. FILIPIČ & B. ŽEGURA, 2013: *Antigenotoxic effect of Tartary (Fagopyrum tataricum) and common (Fagopyrum esculentum) buckwheat flour*. Journal of Medicinal Food (New York) 16(10): 944–952.  
<https://doi.org/10.1089/jmf.2012.0266>
- VOMBERGAR, B., 2010: *Rutin v frakcijah zrn navadne ajde (Fagopyrum esculentum Moench) in tatarske ajde (Fagopyrum tataricum Gaertn.)*. Biotehniška fakulteta. Oddelek za agronomijo. Univerza v Ljubljani. Ljubljana. (Doktorska disertacija, 147 str.).
- VOMBERGAR, B., I. KREFT, M. HORVAT & S. VORIH, 2014: *Ajda = Buckwheat*. 1. ponatis Ljubljana.
- WANG, Z., L. CHEN, B. YANG & Z. ZHANG, 2001: *The growing of tartary buckwheat and function of nutrient and medicine*. In: *Advances in Buckwheat research II*. The Proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat (Chunchon, IBRA), pp. 520–522.
- WATANABE, M., H. OHSHITA & T. TSUSHIDA, 1997: *Antioxidant compounds from buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) hulls*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 45(4): 1039–1044. <https://doi.org/10.1021/jf9605557>
- WATANABE, M., 1998: *Catechins as antioxidants from buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) groats*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (München) 46(4): 839–845. <https://doi.org/10.1021/jf9707546>
- WIESLANDER, G. & D. NORBÄCK, 2001a: *Buckwheat allergy*. Allergy (West Sussex) 56: 703–704.
- WIESLANDER, G. & D. NORBÄCK, 2001b: *Buckwheat consumption and its medical and pharmacological effects – A review of the literature*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 608–612.
- WIESLANDER G., N. FABJAN, M. VOGRIČIČ, I. KREFT, C. JANSON, U. SPETZ-NYSTRÖM, B. VOMBERGAR, C. TAGES-SON, P. LEANDERSON, & D. NORBÄCK, 2011: *Eating buckwheat cookies is associated with the reduction in serum levels of myeloperoxidase and cholesterol: a double blind crossover study in day-care centre staffs*. Tohoku Journal of Experimental Medicine (Sendai, Japan) 225(2): 123–130.
- WIESLANDER, G., N. FABJAN, M. VOGRIČIČ, I. KREFT, B. VOMBERGAR & D. NORBÄCK, 2012: *Effects of common and Tartary buckwheat consumption on mucosal symptoms, headache and tiredness: A double-blind crossover intervention study*. International Journal of Food, Agriculture & Environment – JFAE (Helsinki) 10(2): 107–110.

- WIJNGAARD, H. H. & E. K. ARENDT, 2006a: *Optimisation of a mashing program for 100 % malted buckwheat*. Journal of the Institute of Brewing, 112(1): 57–65.  
<https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00708.x>
- WIJNGAARD, H. H. & E. K. ARENDT, 2006b: *Buckwheat*. Cereal Chemistry (St. Paul) 83(4): 391–401. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0391>
- YAN, C., F. BAILI, H. YINGANG, G. JINFENG & G. XIAOLI, 2004: *Analysis on the variation of rutin content in different buckwheat genotypes*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga), pp. 688–691.
- YANG, J., 2014: *Application perspective of tartary buckwheat as sports supplements*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research (Berlin) 6(3): 1239–1241.
- YASUDA, T. & H. NAKAGAWA, 1994: *Purification and characterization of rutin-degrading enzymes in tartary buckwheat seeds*. Phytochemistry (Amsterdam) 37(1): 133–136.  
[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)85012-7](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)85012-7)
- YASUDA, T., 2001: *Development of tartary buckwheat noodles through research on rutin- degrading enzymes and its effect on blood fluidity*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chunchon, IBRA), pp. 499–502.
- YASUDA, T., 2007: *Synthesis of new rutinoid by rutin-degrading enzymes from tartary buckwheat seeds and its inhibitory effects on tyrosinase activity*. In: Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Yangling, IBRA), pp. 558–562.
- YOON, D. H., Y. H. HAN, H. Y. WON, H. H. LEE, B. R. KIM & Y. S. CHOI, 2001: *Comparative on dietary grains to lipid profiles in rats*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 549–553.
- YOON, Y. H., J. G. LEE, J. C. JEONG, D. C. JANG & C. S. PARK, 2009: *The effect of temperature and light conditions on growth and antioxidant contents of tartary buckwheat sprouts*. In: Park C. H. & I. Kreft (Eds.): *Development and Utilization of Buckwheat Sprouts as medicinal natural products*. ISBS – International Symposium of Buckwheat Sprouts. (Bongpyong, IBRA), p. 59.
- YU, Z. & X. LI, 2007: *Determination of rutin content on chinese buckwheat cultivars*. In: Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Yangling, IBRA), pp. 465–468.
- ZHANG, G., Z. XU, Y. GAO, X. HUANG, Y. ZOU & T. YANG, 2015: *Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat*. Journal of Food Science (Hoboken) 80(5): H1111–9.  
<http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.12830>
- ZHAO, G., Y. TANG, R. MA & Z. HU, 2001: *Nutritional and medicinal values of tartary buckwheat and its development and application*. In: *Advances in Buckwheat Research II*. The proceeding of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Chuncheon, IBRA), pp. 503–506.
- ZHAO, G., A. WANG & Z. HU, 2004a: *China's buckwheat resources and their medical values*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 630–632.
- ZHAO, G., A. WANG, Y. TANG & Z. HU, 2004b: *Research on nutrient constituents and medicinal values of Fagopyrum cymosum seeds*. In: *Advances in Buckwheat Research*. Proceeding of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Buckwheat. (Praga, IBRA), pp. 669–673.
- ZHOU, X., T. HAO, Y. ZHOU, W. TANG, Y. XIAO, X. MENG & X. FANG, 2015: *Relationships between antioxidant compounds and antioxidant activities of Tartary buckwheat during germination*. Journal of Food Science and Technology (Chennai) 52(4): 2458–2463. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-014-1290-1>
- ZIELINSKI, H. & H. KOZŁOWSKA, 2000: *Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions*. Journal of Agricultural Food Chemistry (München) 48(6): 2008–2016.  
<https://doi.org/10.1021/jf990619o>

