

# SPREMEMBE VSEBNOSTI RUTINA IN KVERCETINA V VZORCIH TATARSKE AJDE (*FAGOPYRUM TATARICUM* (L.) GAERTN.) OD SPRAVILA PRIDELKA DO PRIPRAVE KRUHA

## CHANGES IN THE CONTENT OF RUTIN AND QUERCETIN IN SAMPLES OF TARTARY BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM TATARICUM* (L.) GAERTN.) FROM HARVEST TO THE PREPARATION OF BREAD

Lea LUKŠIČ<sup>1\*</sup> & Mateja GERM<sup>1</sup>

<http://dx.doi.org/10.3986/fbg0039>

### IZVLEČEK

**Spremembe vsebnosti rutina in kvercetina v vzorcih tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) od spravila pridelka do priprave kruha**

Cilj raziskave je bil ugotoviti vpliv predhodne hidrotérmične obdelave zrnja tatarske ajde, mlečno kislinke fermentacije ter priprave in peke na spremembe, dostopnost in vsebnost flavonoidov rutina in kvercetina v vzorcih priprave in peke kruhov s kislim testom iz tatarske ajde. Cilj je bil tudi ugotoviti, kakšna je antioksidativna aktivnost v vzorcih priprave in peke kruha iz tatarske ajde in hidrotérmično obdelane (HT) tatarske ajde. Vsebnost rutina in kvercetina je bila v vzorcih priprave in peke določena z metodo HPLC, antioksidativna aktivnost pa z metodama PCL in ORAC<sub>FL</sub>. Ugotovili smo, da so predhodna hidrotérmična obdelava zrnja, mlečno kislinke fermentacija ter priprava in peka vplivale na vsebnost skupnih flavonoidov ter vsebnost in pretvorbo rutina v kvercetin v vzorcih tatarske ajde in HT tatarske ajde. Vsebnost kvercetina se je v vzorcih med postopkom priprave in peke povečevala, med tem ko se je vsebnost rutina zmanjševala. Omenjeni postopki obdelave zrnja in vzorcev priprave in peke so vplivali tudi na spremembe skupne antioksidativne aktivnosti vzorcev tatarske ajde in HT tatarske ajde. Pri predhodni hidrotérmični obdelavi zrnja tatarske ajde se pri naši raziskavi ni pokazal vpliv na vsebnost taninov v vzorcih priprave in peke. Dodatek moke oljne kadulje (chie) (*Salvia hispanica* L.) kruhu iz moke tatarske ajde v razmerju (90:10) je vplival na izboljšanje prehranskih lastnosti kruha, kar je bilo izraženo predvsem v povečanju vsebnosti n-3 (omega-3) maščobnih kislin in povečanju skupne antioksidativne aktivnosti. Naše ugotovitve so lahko v pomoč pri razvoju kruhov z vsebnostjo snovi, koristnih za zdravje.

**Ključne besede:** (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.), tatarska ajda, kislo testo, kruhi, rutin, kvercetin

### ABSTRACT

**Changes in the content of rutin and quercetin in samples of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) from harvest to the preparation of bread**

The goal of this research was to determine how the hydrothermal conditioning of Tartary buckwheat grain, lactic acid fermentation and process of dough preparation and baking, influence availability and changes in the content of flavonoids, rutin and quercetin and antioxidant activity in baking samples of Tartary buckwheat and hydrothermally treated (HT) Tartary buckwheat. The concentration of rutin and quercetin in baking samples has been determined by HPLC method, while antioxidant activity has been determined by PCL and ORAC<sub>FL</sub> methods. Hydrothermal conditioning, lactic acid fermentation and process of dough preparation and baking had an impact on the content of total flavonoids and content and the conversion of rutin into quercetin in baking samples of Tartary buckwheat and HT Tartary buckwheat. The concentration of rutin decreased and the concentration of quercetin increased over the process of sour bread preparation in samples of Tartary buckwheat and HT Tartary buckwheat. Changes in antioxidant activity during the baking process were similar in Tartary buckwheat and HT Tartary buckwheat samples. We also found that the hydrothermal conditioning of Tartary buckwheat grains did not affect the content of tannins in Tartary buckwheat samples. We have established that Tartary buckwheat sour bread with the addition of chia (*Salvia hispanica* L.) (90:10) had improved nutritional properties, which were expressed primarily in the increase of the content of n-3 (omega-3) fatty acids and an increase in total antioxidant activity. Present findings can be useful for the development of breads with improved health-maintaining properties.

**Key word:** Tartary buckwheat, (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.), sour bread, rutin, quercetin

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo - Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

\* e-mail: [nutridharma@gmail.com](mailto:nutridharma@gmail.com)

## 1 UVOD

### 1.1 Izvor tatarske ajde

Zaradi vse večje ozaveščenosti o pomembnosti zdrave prehrane se med ljudmi ponovno večja zanimanje za tradicionalne poljščine, ki se jih skoraj več ne uporablja. Ena izmed takšnih rastlin je tudi tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.), ki spada v družino dresnovk (Polygonaceae). Izvira iz jugozahodnega dela Kitajske, iz pokrajine Junan, od koder se je postopno širila proti severu Kitajske, od tam pa se je verjetno preko Rusije in Ukrajine razširila v Evropo (KREFT 1995, 2011b). Tatarska ajda se navadno oplodi sama. Od navadne ajde se loči po izrazito zelenem stebelu in listih. Cvetno odevalo tatarske ajde je svetlozeleno ali rumenkasto zeleno. Cvetni listi so majhni in ozki, dolgi le 2 do 3 mm. Tudi zrnje tatarske ajde je manjše in bolj zgrbančeno kot zrnje navadne ajde (KREFT 1995). Tatarska ajda uspeva v razmeroma neugodnih okoljskih razmerah, večja vsebnost fenolnih snovi ji omogoča, da je odpornejša proti boleznim in škodljivcem (KREFT 1995, 2011a). Zaradi večje vsebnosti fenolnih snovi je tatarska ajda tudi bolj strpna na ultravijolično sevanje (GABERŠČIK et al. 2002). Zaradi njene naravne odpornosti na biotske in abiotske dejavnike jo lahko pridelujemo na ekološki način (KREFT 2011b). Tatarska ajda je prav tako bolj odporna na mraz kot navadna ajda, kar omogoča njeno pridelavo na višje ležečih legah in na območjih s hladnejšo klimo (SADAR 1949). Med leti 1815 in 1816 je tatarsko ajdo pri nas širil baron Žiga Zois in s tem pomagal zmanjšati lakoto, do katere je prišlo, kot posledica izbruha vulkana Tambora v območju Tihega oceana. Vulkanski pepel, ki je leta 1816 prekril nebo, je to leto in naslednja leta zaznamoval kot leta brez poletja (GLASER 1896).

Tatarsko ajdo so v preteklosti že pridelovali na Gorenjskem, Dolenjskem in v Zgornje Savinjski dolini (FABJAN et al. 2003). Znano je, da so na Koroškem tatarsko ajdo pridelovali še sredi 20. stoletja, celo na nadmorski višini 1200 m. V drugi polovici 20. stoletja so pridelavo tako tatarske, kot navadne ajde začeli opuščati, nadomeščati jo je začela koruza, ki ni dopuščala strniščnih posevkov, kot je navadna ajda (KREFT 1995, 2011a). Razlogi za opuščanje setve tatarske ajde so bili tudi zaraščanje hribovitih predelov, kjer je tatarska ajda dobro uspevala, manjši delež moke ter več ostankov luščin in otrobov v primerjavi z navadno ajdo ter grenak okus. Znanja ljudi o tem, da je grenak okus zgolj posledica večje vsebnosti flavonoidov, ki so naravno prisotni v tatarski ajdi, takrat žal še ni bilo (KREFT 2011a). Okoli leta 1980 so v Sloveniji v celoti

opustili pridelavo tatarske ajde. Danes pa se, ne samo pri nas, ampak tudi v drugih evropskih državah, v Luksemburgu, Italiji, Bosni in na Švedskem, pa tudi v azijskih državah, Koreji, na Japonskem in Kitajskem, ponovno večja zanimanje za njeno uporabo, predvsem zaradi visoke vsebnosti zdravju ljudi koristnega metabolita rutina. Pridelava tatarske ajde je na teh območjih zaenkrat še omejena zaradi neznanj o njeni učinkoviti pridelavi, s čimer se ukvarja več raziskovalcev (VOMBERGAR et al. 2014).

Danes na kmetiji Rangus v okolici Šentjerneja na Dolenjskem pridelajo nekaj tatarske ajde na približno 6 ha površine. Pridelava tatarske ajde je v teh časih sicer še vedno najbolj razširjena v Aziji, predvsem v goratih predelih jugozahodne Kitajske v pokrajini Sečuan, na severu Indije, v Butanu in Nepalju (FABJAN et al. 2003). Najbolj znano območje pridelave tatarske ajde za prehrano ljudi v Evropi pa je območje Islek, ki vključuje Westefel v Nemčiji, severni Luxemburg in del območja Belgije z nemško govorečimi prebivalci (BONAFACCIA et al. 2003a).

### 1.2 Prehranska vrednost tatarske ajde

Za prehrano ljudi po svetu uporabljajo navadno ajdo in tatarsko ajdo. Prehranski izdelki iz ajde so na različnih delih sveta poimenovani različno (BONAFACCIA et al. 2003a). Nekateri prehranski izdelki, izdelani iz ajdove moke so si kljub temu, da izvirajo iz različnih delov sveta, med seboj zelo podobni. Japonci izdelujejo testenine iz ajde, ki jim pravijo »soba«, ajdove testenine izdelujejo tudi v Italiji in jih imenujejo »pizzoccheri«. Kitajci in Korejci iz ajde izdelujejo rezance in »mačja ušesa«, pripravljajo pa tudi ajdovo kašo in ajdovo pico. Slovenska tradicionalna jed so ajdovi žganci, podobno jed najdemo tudi v Avstriji, tam jo imenujejo »sterz«, in na Japonskem, kjer ji pravijo »soba-gaki«. Prehranski izdelki iz ajde spreminjajo svoje ime glede na območje, v katerem so pripravljani (BONAFACCIA et al. 2003a). Surovo ajdovo zrnje ni užitno, pred uživanjem ga je treba pripraviti, predelati in skuhati. Znanje o tem je tako staro, kot pridelava sama (KREFT 1995, 2011a).

Sibirska, turška, kitajska, nora ajda, cojzla, zelena ali grenka ajda so sinonimi za tatarsko ajdo. Odlikuje jo zelo dobra hranilna vrednost (BONAFACCIA et al. 2003a, 2003b). V endospermu je predvsem škrob, del katerega je tudi rezistenten škrob, ta funkcijsko deluje kot prehranska vlaknina in upočasnjuje prehod sladkorjev škroba (amiloze in amilopektina) iz prebavil v kri, kar je še posebej pomembno za ljudi z motenim

procesom uravnavanja krvne glukoze (SKRABANJA et al. 2001; KREFT 1995).

Tatarsko ajdo so v preteklosti na Kitajskem uporabljali kot tradicionalno zdravilo za bolnike z diabetesom. Tudi klinične študije so potrdile, da je uživanje tatarske ajde ublažilo simptome sladkorne bolezni tipa I in tipa II ter znižalo vrednosti glukoze v krvi, glikoziliranega hemoglobina in glikoziliranih serumskih beljakovin in vplivalo na povečanje sproščanja serumskega inzulina (QIN & LUN 1992). Beljakovine tatarske ajde imajo uravnoteženo aminokislinsko sestavo in visoko biološko vrednost (SKRABANJA et al. 2000; KREFT 1995). V tatarski ajdi ni glutena, zaradi česar je ta rastlina primerna tudi v prehrani bolnikov s celiakijo (VOGRINČIČ et al. 2010; KOCJAN AČKO 2015). Tatarska ajda vsebuje nekoliko več nasičenih maščobnih kislin in sicer: C16:0 (palmitinske) in C18:0 (stearinske) in nekaj manj nenasičenih maščobnih kislin kot navadna ajda (BONAFACCIA et al. 2003a). V njenem zrnju so še prehranske vlaknine, nekaj maščob in vitamini tiamin, riboflavin, niacin in vitamin B6 (BONAFACCIA et al. 2003a) ter elementi v sledovih, predvsem cink, železo, krom in selen (BONAFACCIA et al. 2003b). Tatarska ajda je bogat vir polifenolov, predvsem flavonoidov rutina in kvercetina (FABJAN et al. 2003).

### 1.3 Fenolne snovi

Fenolne snovi nastajajo v sekundarnem metabolizmu rastlin. Rastline ščitijo pred negativnimi vplivi UV sevanja, rastlinskimi boleznimi in škodljivci (GERM 2004). Flavonoidi vplivajo tudi na raven rastlinskega hormona avksina, ki je odgovoren za rast in diferenciacijo rastlin (FORMICA & REGELSON 1995). Količina antioksidantov v živilih je odvisna od vrste rastline. Vsebnost antioksidantov v rastlinah je genetsko pogojena, vplivajo pa tudi okoljski in agrotehnični dejavniki (KREFT et al. 2000; GERM 2004). Če so rastline izpostavljene povečanemu ultravijoličnemu sevanju se v rastlini začne kopičiti več sekundarnih metabolitov, kar je uravnano preko gensko zasnovane sinteze v rastlini. Količina antioksidantov je različna v posameznih rastlinskih delih, zato je pomembno katere rastlinske dele uporabimo v prehrani (KREFT et al. 2000; GABERŠČIK et al. 2002). Štiri leta trajajoča raziskava na različnih lokacijah v zahodni Kanadi, kjer so pridelovali ajdo, je pokazala, da ima mesto pridelave ajde glavni vpliv na variabilnost rutina in vsebnosti flavonoidov v zrnju ajde. Rastna sezona je imela ključen vpliv na vsebnost flavonoidov v luščinah ajde. Kultivar skupaj z vplivom okolja je vplival na razlike v antioksidativni aktivnosti (OOMAH et al. 1996). Za flavonoide

je bilo ugotovljeno tudi, da se njihova vsebnost v rastlini ajde spreminja glede na genotip rastline in razvojno fazo rastline (ZHENG et al. 2012; SAKAČ et al. 2015).

Fenolne snovi so sekundarni metaboliti. Te snovi imajo širok spekter lastnosti (JING et al. 2016). Polifenolne snovi v moki tatarske ajde so v prosti in vezani obliki, vsebnost teh v prosti obliki je ocenjena na med 48 in 64 % (SAKAČ et al. 2015). Polifenoli prispevajo 20 % k skupni antioksidativni aktivnosti v navadni ajdi, v tatarski ajdi pa prispevajo kar 85 do 90 % k skupni antioksidativni aktivnosti (MORISHITA et al. 2007). Za antioksidante, ki so v tatarski ajdi, je bilo ugotovljeno, da ugodno vplivajo na delovanje srca in ožilja pri podganah (USHIDA et al. 2008). Ugotovili so tudi, da so izvlečki fenolnih snovi iz kaše tatarske ajde v *in vitro* razmerah zaščitili DNK pred poškodbami hidrosil radikalov (CAO et al. 2008). Prav tako so izvlečki iz moke tatarske ajde, v katerih so polifenoli, povečali vzdržljivost pri fizičnih naporih in zmanjšali tvorbo mlečne kisline in sečnine v mišicah miši (JIN & WEI 2011).

### 1.4 Flavonoidi

V živilih prisotni flavonoidi, ki delujejo kot antioksidanti, vplivajo na kakovost živil (RUNECKLES & KRUPA 1994) in prispevajo k barvi, teksturi in okusu hrane (FORMICA & REGELSON 1995). Flavonoide uvrščamo v skupino polifenolnih snovi. Ogljikov skelet flavonoidov je sestavljen iz 15-ogljikovih atomov (C6–C3–C6). Najdemo jih v številnih rastlinah in živilih. Mlevske frakcije zrnja tatarske ajde so dober vir fenolov in zlasti flavonoidov, v njih so izmerili tudi veliko antioksidativno aktivnost (GUO et al. 2012; LUKŠIČ 2013; CHO et al. 2014). V tatarski ajdi sta najbolj zastopana flavonida rutin in kvercetin. V tatarski ajdi so vsebnosti rutina in kvercetina večje kot v navadni ajdi ter večini sadja in zelenjave (JIANG et al. 2007). Vsebnost rutina v moki različnih sort tatarske ajde je bila ocenjena na 6,06 do 18,67 mg/g, vsebnost kvercetina pa na 0,31 do 2,38 mg/g. Vsebnost rutina v moki različnih sort navadne ajde je bila med 0,15 do 1,68 mg/g, kvercetin pa je bil določen le v mokah dveh sort navadne ajde in je znašal med 0,05 in 0,09 mg/g. V mokah drugih sort navadne ajde je bil kvercetin pod mejo detekcije (QIN et al. 2010). Steadman et al. (2001), poročajo, da je vsebnost rutina v zrnju navadne ajde 0,8 do 4,4 g/kg. Manj rutina je prisotnega v kaši navadne ajde (0,2 do 0,3 g/kg), več pa v otrobih navadne ajde (0,7 do 0,8 mg/kg). Vsebnost rutina v zrnju tatarske ajde je kar 300-krat večja in je znašala 81 g/kg. V zrnju tatarske ajde je bila izmerjena tudi nizka vsebnost kvercetina (STEADMAN et al.

2001). Znano je, da kalice navadne ajde vsebujejo številne flavonoide, kot so orientin, izoorientin, viteksin, izoviteksin, rutin in kvercetin, med tem ko kalice tatarske ajde vsebujejo samo rutin (NAM et al. 2015). V kalicah navadne ajde so poleg ostalih šestih pričakovanih flavonoidov odkrili tudi nov flavonoid, kvercetin-3-O-robinobiozid. Kalice tatarske ajde so vsebovale rutin kot glavni flavonoid, ostali flavonoidi pa so bili prisotni le v sledovih ali pa je bila njihova vsebnost pod mejo detekcije. Kvercetin-3-O-robinobiozid v kalicah tatarske ajde ni bil določen (NAM et al. 2015). Kreft et al. (2013) so ugotovili, da se večina fenolov nahaja v kotiledonih kalic tatarske ajde in navadne ajde. LIU et al. (2008) pa so ugotovili, da imajo kalice tatarske ajde večjo skupno antioksidativno aktivnost kot kalice navadne ajde. Rutin je bil določen v kalicah obeh vrst ajde, vendar je bila njegova vsebnost petkrat večja v kalicah tatarske ajde kot v kalicah navadne ajde.

V raziskavi, ki so jo opravili Lee et al. (2016) so ugotovili, da je bilo od vseh flavonoidov v zrnju obeh vrst ajde prisotnega največ rutina, v zrnju tatarske ajde je ta predstavljal kar okoli 90 % skupnih flavonoidov. Kvercetin je bil samo v zrnju tatarske ajde. Vsebnost flavonoidov, predvsem rutina, orientina in epikatehin galata, je vplivala na skupno antioksidativno aktivnost zrnja ajde. Rezultati te raziskave nakazujejo, da antioksidativna aktivnost ni le tesno povezana z vsebnostjo flavonoidov, ampak tudi, da različni flavonoidi različno prispevajo k skupni antioksidativni aktivnosti zrnja navadne in tatarske ajde (LEE et al. 2016). Glede uživanja ajde literatura navaja, da je njeno uživanje varno, in da ima lahko številne pozitivne učinke na zdravje ljudi (KREFT 2016). Flavonoidi so zaradi svojih lastnosti znani kot edinstvene terapevtske molekule (GANESH-PURKAR & SALUJA 2017). Za flavonoide je bilo ugotovljeno, da imajo potencialno lahko antitumorsko, antimikrobno, protivnetno in anti-diabetično delovanje (JING et al. 2016). Flavonoidom iz tatarske ajde pripisujejo antigenotoksični potencial (VOGRINČIČ et al. 2012), vpliv pri zniževanju ravni holesterola in manjšanju količine vnetnih mediatorjev in delovanju na povečanje dihalne kapacitete pljuč pri ljudeh (WIESLANDER et al. 2011) ter zmanjšanje splošne utrujenosti (WIESLANDER et al. 2012). V *in vitro* razmerah je bil ugotovljen tudi antioksidativen učinek kalic navadne ajde in tatarske ajde na človeške jetrne celice (HepG2). Zaznan je bil učinek zmanjšanja proizvodnje znotrajceličnega peroksida in odstranjevanje znotrajceličnih superoksid anionov v celicah HepG2, vendar so se kalice tatarske ajde izkazale kot bolj učinkovite v primerjavi s kalicami navadne ajde, kar je najverjetneje posledica večje vsebnosti rutina in kvercetina (LIU et al. 2008).

#### 1.4.1 Rutin

Rutin sestavljata flavanol kvercetin in disaharid rutinoza. V preteklosti je bil znan tudi kot vitamin P ali rutinozid. Vpliv rutina na biološke procese in zdravje je bil predmet številnih raziskav (FORMICA & REGELSON 1995). Ugotovili so, da ima pozitiven učinek na zmanjšanje krhkosti sten kapilar (GRIFFITH et al. 1944), da ščiti živčne celice v možganih in preprečuje apoptozo (celično smrt) teh celic pri podganah (KHAN et al. 2009), pri podganah zmanjšuje tudi napredovanje Alzheimerjeve bolezni (JAVED et al. 2012), pri miših ima učinek antidepressiva (MACHADO et al. 2008) in deluje protibolečinsko (SELVARAJ et al. 2014). V *in vitro* razmerah je bilo pri preučevanju vpliva rutina na celice bolnikov z reumatoidnim artritisom ugotovljeno tudi antireumatsko delovanje rutina (OSTRAKHOVITCH & AFANASEV 2001). Na živalskih modelih je bil ugotovljen ugoden učinek rutina na prebavni (ABDEL RAHEEM 2010) in respiratorni sistem (JUNG et al. 2007). V *in vitro* razmerah je bil ugotovljen tudi antikancerogen učinek rutina (LIN et al. 2012; ALONSO CASTRO et al. 2013). Za rutin je bilo ugotovljeno, da deluje antiviralno, antibakterijsko in antimikotično (JOHANN et al. 2011; ARARUNA et al. 2012; CARVALHO et al. 2013) ter ima še vrsto drugih lastnosti, ki potencialno lahko prispevajo k ohranjanju in izboljšanju zdravja (GANESH-PURKAR & SALUJA 2017). Ugotovljeno je bilo tudi, da je imel rutin, ki so ga v obliki prehranskega dodatka dodajali ribam (*Oreochromis niloticus*) protivnetne učinke v jetrih rib, kar se je izkazalo v zmanjšanju števila protivnetnih mediatorjev, kot so citokini, TNF (faktorji tumorske nekroze) in interlevkini (ZHENG et al. 2017). Rutin je imel zaviralen učinek na napredovanje sladkorne bolezni tipa II pri miših in je vplival na podaljšanje njihove življenjske dobe (AITKEN et al. 2017). V poskusu, v katerem so na podganah ugotovljali, kako rutin vpliva na izboljšanje kronične bolezni ledvic in z njo povezanih kardiovaskularnih bolezni, so ugotovili, da je rutin izboljšal delovanje in strukturo ledvic in srca in zmanjšal vrednosti biomarkerjev oksidativnega stresa (DIWAN et al. 2017). Za rutin je bilo ugotovljeno, da je pripravek primeren za preprečevanje mikrobiološke okužbe živil, saj je vplival na zmanjšanje nastanka biofilma in zmanjšanje števila kolonij bakterij *Escherichia coli* in *Staphylococcus aureus*, ki nastajajo na opremi, delovnih površinah in hrani med industrijsko pripravo hrane (AL-SHABIB et al. 2017).

#### 1.4.2 Kvercetin

Kvercetin je eden izmed najbolj učinkovitih antioksidantov v človeški prehrani (PFEUFFER et al. 2013). Za

kvercetin je bilo, predvsem na živalskih in celičnih modelih ugotovljeno, da ima več potencialnih, za zdravje ugodnih učinkov (FORMICA & REGELSON 1995). Pri podganah so ugotovili, da ima varovalni učinek na kardio-vaskularni sistem (RENDIG et al. 2001) in da deluje protivnetno (GARDI et al. 2015). Kvercetin se je izkazal tudi kot učinkovito sredstvo za zdravljenje revmatoidnega artritisa pri miših (HALEAGRAHARA et al. 2017) in je bil učinkovit pri preprečevanju poškodb očesne mrežnice zajcev, ki nastajajo kot posledica svetlobe (WANG et al. 2017). Za kvercetin je bilo ugotovljeno, da vzpodbuja delovanje imunskega sistema pri miših (SINGH et al. 2017). Dodatek kvercetina kemoterapevtiku je vplival na zmanjšanje razraščanja in migriranja celic raka na prsih v *in vitro* poskusu (LI et al. 2017). Dodatek kvercetina v krmi je vplival na boljši razvoj foliklov pri samicah kuncev in vplival na izboljšanje kakovosti celic razvijajočih se v jajčece (NASSER et al. 2017).

### 1.5 Tanini

Tanini so sekundarni metaboliti rastlin in spadajo v skupino polifenolov. Za njih je značilen močan antioksidativni učinek. Najdemo jih v čaju, vinu, sokovih in tudi v ajdi (GADŽO et al. 2010). Zavirajo procese staranja in kvarjenja semen. Negativna lastnost taninov pa je njihova inhibicija encimov  $\alpha$ -amilaz, ki so potrebni za prebavo škroba. Večje količine taninov vplivajo tudi na prebavljivost aminokislin, močno pa poudarjajo tudi trpek okus v hrani (LUTHAR 1992).

Tanini *in vitro* delujejo antibakterijsko (ZARIN et al. 2016). Za hidrolizirajoče tanine je bilo v *in vitro* poskusu ugotovljeno tudi protivirusno delovanje, saj so ti preko zaviranja delitve virusne DNA vplivali na razmnoževanje virusa hepatitisa B (LIU et al. 2016). Taninom je mogoče pripisati tudi potencialno antitumorsko delovanje, saj so imeli v *in vitro* razmerah citotoksično delovanje in povzročili apoptozo kancerogenih celic prsi, črevesja, maternice in jeter (ZARIN et al. 2016). Tanini so se izkazali tudi kot možno naravno sredstvo za celjenje okuženih ran pri poskusu na podganah (SU et al. 2016).

Za navedene lastnosti polifenolov, rutina in kvercetina ter taninov do sedaj še ni bilo zbranih dovolj dokazov o vplivu teh snovi na zdravje ljudi, saj je preučevanje učinka teh snovi na zdravje potekalo predvsem na živalskih in celičnih modelih. Zaradi pomanjkanja dokazov o vplivu polifenolov, rutina in kvercetina ter taninov na zdravje ljudi zaenkrat za živila, ki te snovi vsebujejo, še ni mogoče uporabljati zdravstvenih trditev. Zakonodaja v Evropski Uniji namreč predpisu-

je, da se zdravstvena trditev na živilih lahko uporablja, če je za živilo oziroma snov v živilu znanstveno dokazan ugoden vpliv na zdravje človeka. To pomeni da morajo obstajati dokazi, da ima živilo zatrjevan ugoden učinek na človeka, takšen učinek pa mora biti dokazan na ljudeh pri ustreznih pogojih (vključno z vidika izbora ciljne skupine in načinom odmerjanja, ki mora biti dosegljiv v okviru pestre in uravnotežene prehrane) (PRAVST 2012). Vse zdravstvene trditve v Evropski Uniji morajo biti pred uporabo avtorizirane, pred tem pa so predmet ocene znanstvene utemeljenosti s strani Evropske agencije za varnost hrane (EFSA).

### 1.6 Vpliv toplotne obdelave na pretvorbe in vsebnost rutina in kvercetina

V raziskavah poročajo o zmanjšanju vsebnosti rutina in pretvorbi le tega v kvercetin, ki nastaja kot posledica različnih vrst toplotne obdelave izdelkov iz tatarske ajde in navadne ajde. Opazne so tudi spremembe v vsebnosti drugih snovi z antioksidativnim učinkom (VOGRINČIČ et al. 2010; ZHANG et al. 2010; SAKAČ et al. 2011). Cho in Lee (2015) sta ugotovila, da na spremembe vsebnosti rutina in ostalih antioksidantov hitro cvrtje rezancev ni imelo vpliva, med tem, ko je kuhanje povzročilo znatno zmanjšanje vsebnosti rutina v rezancih, pripravljenih iz pšenične moke in iz z rutinom obogatenega izvečka otrobov tatarske ajde. Jambrec et al. (2015) pa poročajo, da se je v polnozrnatih pšeničnih rezancih z dodatkom predhodno avtoklavirane (120 °C) moke navadne ajde, pretvorba rutina v kvercetin zmanjšala. Med kuho teh rezancev pa do pretvorbe rutina v kvercetin sploh ni prišlo. Izguba fenolnih snovi v rezancih z dodatkom ajdove moke je bila v območju kontrolnega vzorca (polnozrnatih pšeničnih rezanci). V drugi raziskavi so ugotovili, da je namakanje zrn tatarske ajde (40 °C, 12-14 h) vplivalo na zmanjšanje v zrnju prisotnega deleža škroba in rutina in vplivalo na povečanje vsebnosti kvercetina, kamferola, izokvercitrina, skupnih flavonoidov in fenolnih snovi. Po tem, ko so predhodno namočeno zrnje tatarske ajde obdelali še s paro (100 °C, 40-60 min), se je vsebnost skupnih flavonoidov in skupnih fenolnih snovi še naprej zmanjševala, medtem ko se je vsebnost rutina v vzorcu zrnja povečala (QUIN et al. 2013). Sensoy et al. (2006) poročajo, da praženje ajdove moke ni vplivalo na vsebnost skupnih fenolnih snovi v ajdovi moki. DPPH metoda določanja antioksidativne aktivnosti je sicer pokazala, da je prišlo po praženju ajdove moke (200 °C, 10 min) do rahlega zmanjšanja antioksidativne aktivnosti moke ajde, praženje pri 170 °C pa ni vplivalo na zmanjšanje antioksidativne aktivnosti. Rezultati

poskusa nakazujejo, da je optimizacija postopka predelave ključna za ohranitev zdravju koristnih snovi v ajdovih izdelkih (SENSOY et al. 2006).

### 1.7 Kruh s kislim testom (v nadaljevanju krajše »kisli kruh«)

Pri sodobni prehrani so ponovno v ospredju prehranski izdelki, ki so pripravljani na tradicionalen način, brez nepotrebnih dodatkov in poleg zanimivega okusa vsebujejo tudi snovi, ki lahko prispevajo k boljšemu zdravju in počutju posameznika (SHAHIDI 2009; NIO-NELLI & RIZZELLO 2016). Narašča tudi povpraševanje po izdelkih brez glutena, ne le med osebami s celiakijo, ampak tudi pri ljudeh, ki se uživanju glutena izogibajo zaradi medijske izpostavljenosti glutena kot možne manj zaželene sestavine v prehrani (MESURE et al. 2016, CAMPO et al. 2016). Temu primerno se vse več pozornosti namenja tudi izboljšanju ponudbe in kakovosti takšnih prehranskih izdelkov (MASURE et al. 2016). Zamenjava moke z glutenom z moko, ki ne vsebuje glutena, za pripravo kruha je velik tehnološki izziv. Gluten ima namreč specifične visko-elastične lastnosti, ki so ključnega pomena za sposobnost zadrževanja vode v testu in sposobnost zadrževanja plinov med fermentacijo testa za kruh (HAGER et al. 2012). Zato je bilo veliko prizadevanj usmerjenih v izboljšanje funkcijskih in senzoričnih lastnosti brezglutenskih kruhov (ALVAREZ-JUBETE et al. 2010; WRONKOWSKA et al. 2010). Ker je kruh osnovno živilo, ki ga veliko ljudi uživa vsak dan, se zaradi naravnosti sodobnega prehranskega trga k bolj tradicionalni kulinariki ponovno povečuje zanimanje za enega najstarejših postopkov priprave kruha s kislom fermentacijo, ki vpliva na izboljšanje strukturnih, prehranskih in senzoričnih lastnosti ter boljšo obstojnost kislega kruha (GOBETTI et al. 2014). Ugotovljeno je bilo, da se je v pšeničnem kruhu, pripravljenem s kislom osnovo iz moke kvinoje, povečala dostopnost beljakovin, vsebnost skupnih fenolov in antioksidativna aktivnost (RIZZELLO et al. 2016). Mlečnokislinske bakterije *Lactobacillus delbrueckii*, ki so jih uporabili pri fermentaciji testa za kisel kruh iz ajde, so vplivale na povečanje skupne vsebnosti fenolnih snovi v ajdovem kislem testu (GANDHI & DEY 2013). Mlečnokislinska fermentacija pšeničnega kislega kruha z dodatkom moke kvinoje je vplivala tudi na spremembe barve skorje kruha in izboljšala aromo kruha, ki je bil po okusu nekoliko bolj kisel od navadnega pšeničnega kruha (RIZZELLO et al. 2016). Izvlečki mlečnokislinskih bakterij iz kitajske tradicionalne osnove za kislom fermentiranje kruha so vplivali na izboljšanje flore črevesja in izboljšanje presnove pri miših (YANG et al.

2016). RINALDI et al. (2017) poročajo, da je mlečnokislinska fermentacija vplivala na zmanjšanje volumna in homogenost sredice, podaljšanje obstojnosti in znižanje glikemičnega indeksa kislega kruha iz kostanjeve moke. O vplivu mlečnokislinske fermentacije na zmanjšanje volumna kislega kruha v štirinajstih od dvajsetih vzorcev ječmenovega kislega kruha poročajo tudi Marklinder in sod. (1996). Med tem, ko Ua-Arak in sod. (2017) poročajo, da je mlečnokislinska fermentacija prispevala k povečanju volumna kislega kruha in zmanjšanju trdote skorje kruha, vplivala pa je tudi na izboljšanje senzoričnih in kakovostnih parametrov kislega kruha iz ajde. Štiri različne vrste mlečnokislinskih bakterij in njihove kombinacije v zasnovi za fermentiranje testa so izboljšale kakovostne parametre pri kislem kruhu kot so vzhajanje kruha, rahlost kruha, vplivale so tudi na barvo in gostoto kruha. V kislih kruhah med postopkom mlečnokislinske fermentacije nastajajo različne snovi kot so alkoholi, aldehidi, estri, ogljikovodiki, ketoni, terpeni, furani in fenoli. Poročajo, da je mlečnokislinska fermentacija vplivala na povečanje vsebnosti prehranskih vlaknin v rženem kislem kruhu (BOSKOV HANSEN et al. 2002). Mlečno kislinske bakterije, ki so proizvajale encim fitazo, so s povečanjem vsebnosti organskih kislin med fermentacijo v kislem testu vplivale na zmanjšanje prebavljivosti škroba in tako znižale glikemični indeks tega kruha. Zmanjšanje vsebnosti fitatov v kislem kruhu je vplivalo tudi na večjo dostopnost kalcija in cinka v rženem kislem kruhu (GARCIA MANTRANA et al. 2015). O vplivu mlečnokislinske fermentacije na znižanje glikemičnega indeksa brezglutenskega kislega kruha so poročali tudi Novotni et al. (2012). Mlečnokislinske bakterije in kvasovke, prisotne in izolirane iz koruznega kislega testa med fermentacijo in po koncu fermentacije, so vplivale na antimikrobno delovanje kislega testa proti bakterijam *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* in kvasovkam *Aspergillus flavus*. Antimikrobno delovanje je bilo v pozitivni korelaciji z padcem pH med fermentacijo in pretečenim časom fermentiranja (EDEMA & SANNI 2008). V raziskavi, v kateri so preučevali senzorične lastnosti kislih kruhov brez glutena iz različnih mešanic moke riža, ajde in etiopskega žita (*Eragrostis tef*), so ugotovili, da je bil grenak okus ajdovega kruha za nekatere okuševalce negativna lastnost, drugi pa so ga ocenili kot tradicionalen okus, ki jih je spominjal na okus po sladu (CAMPO et al. 2016). V kislih kruhah so odkrili več kot 540 različnih hlapnih snovi, ki prispevajo tudi k večji aromatičnosti in izboljšanemu okusu takšnega kruha (PETEL et al. 2017). Ugotovljeno je bilo tudi, da se lahko liofilizirana zasnova za fermentiranje kislega testa iz ajde uporabi neposredno za pripravo brezglu-

tenskega kislega kruha, brez sicer potrebne predhodne fermentacije, ki lahko v primeru uporabe sveže zasno-ve za fermentiranje kislega testa traja tudi nekaj ur (ROZYLO et al. 2014).

### 1.8 Priprava poskusa in spremljanje pretvorb in vsebnosti rutina, kvercetina in drugih snovi z antioksidativnim učinkom v kisljih kruhih

Ob upoštevanju ugodnih lastnosti flavonoidov, predvsem rutina in kvercetina, ter mlečnokislinske fermentacije za zdravje in počutje smo se odločili, da bomo spremljali vsebnost in spremembe rutina in kvercetina v vzorcih tatarske ajde od spravila pridelka pa vse do priprave kislega kruha iz moke tatarske ajde. Vsebnost flavonoidov, rutina in kvercetina v navadni in tatarski ajdi je že nekoliko raziskano področje. Manj znano pa je, kako tehnološki postopki priprave jedi iz ajde vplivajo na vsebnost, dostopnost in učinkovitost flavonoidov v prehranskih izdelkih iz ajde. Neraziskano je tudi razmerje med flavonoidoma tatarske ajde, rutinom in kvercetinom, ki sta v zrnju tatarske ajde v visoki koncentraciji, in v kolikšni meri se rutin spreminja v kvercetin. V raziskavi, ki so jo opravili VOGRINČIČ et al. (2010), so ugotovili, da se med peko kruha, ki so ga pripravili s kvasom iz moke tatarske ajde in mešanega kruha iz moke tatarske ajde in pšenične moke količina polifenolnih snovi, rutina in kvercetina spreminja. Ugotovili so tudi, da je dodatek vode mešanici, ki je vsebovala moko tatarske ajde, med pripravo testa vplival na zmanjšanje količina rutina in povečanje količina kvercetina med postopkom priprave kruha (VOGRINČIČ et al. 2010). Ugotovljeno je bilo, da so kruhi z dodatkom moke navadne ajde vsebovali več flavonoidov kot sta rutin in kvercetin in so imeli večjo antioksidativno aktivnost kot pšenični kruh (LIN et al. 2009). Kočvar Glavač et al. (2017) poročajo, da je med peko kruha prišlo do pretvorbe večjega deleža rutina v kvercetin in da je med pripravo kruha iz moke tatarske ajde prišlo do manjšega znižanja vsebnosti fagopirina, v primerjavi s koncentracijo le tega v zrnju tatarske ajde (KOČVAR GLAVAČ et al. 2017). V sklopu raziskave smo od pridelka (zrnje, zmleto v moko) tatarske ajde pa vse do priprave kislega kruha iz moke tatarske ajde spremljali, kako na vsebnost, dostopnost in spremembe rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost, vplivajo tehnološki postopki, kot so mlečnokislinska fermentacija, hidrotermična obdelava zrnja in peka kislega kruha iz tatarske ajde. Ugotavljali smo tudi, kako priprava kislega kruha vpliva na kemijsko sestavo in vsebnost prehranskih snovi v njem. Spremljali smo, kakšen vpliv ima na povečanje prehranske vrednosti in

predvsem izboljšanje maščobno kislinske sestave kisljih kruhov iz moke tatarske ajde, dodatek moke oljne kadulje (chie) (*Salvia hispanica* L.). Za uporabo tradicionalne metode priprave kruhov s kisljo fermentacijo smo se odločili tudi na podlagi rezultatov objavljenih raziskav, ki navajajo, da lahko fermentacija s kisljo osnovo poveča vsebnost prehranskih vlaknin in biodostopnost mineralov (GOBETTI et al. 2014; BOSKOV HANSEN et al. 2002). Mikroorganizmi v osnovi za kisljo testo lahko tvorijo nekatere nove prehranske sestavine, kot so peptidi in drugi derivati aminokislin, in nekatere prebiotične polisaharide (DE Vos 2005). Ugotovljeno je bilo, da lahko proteaze, ki jih v osnovi za kisljo testo sproščajo kvasovke in encimi selekcioniranih laktobacilov, presnavljajo tudi gluten v pšenični moki (WEISER et al. 2008). V raziskavi, ki so jo opravili Coda et al. (2012), so ugotovili, da mlečnokislinske bakterije, ki so prisotne v osnovi za kisljo testo, omogočajo sproščanje peptidov, ki delujejo antioksidativno preko proteolize beljakovin v žitih. Pričakujemo, da bodo naše ugotovitve koristne pri pripravi živil z izboljšano prehransko vrednostjo in živil, ki ne vsebujejo glutena.

#### 1.8.1 Razvoj kruha brez glutena z večjo vsebnostjo flavonoidov in omega-3 maščobnih kislin

V poskusu smo uporabili moko iz zrnja tatarske ajde, navadne ajde, oljne kadulje in pšenice (kontrolni vzorec). Da bi spremljali spremembe vsebnosti antioksidantov in maščobnih kislin od spravila zrnja do priprave kisljih kruhov, smo vzorčili moko in kisle kruhe, pripravljene iz moke tatarske ajde, navadne ajde in oljne kadulje in različnih mešanic teh vrst moke. Kislim kruhom smo določali tudi kemijsko sestavo, specifične volumne (mL/g) ter barvo. Kisle kruhe iz teh štirih vrst moke in njihovih mešanic smo pripravili, da bi v njih preučili spremembe in zastopanost antioksidativnih snovi in n-3 alfa linolenske kisline ter pripravili kruhe z ugodnejšo prehransko sestavo.

#### 1.8.2 Spremembe koncentracije rutina in kvercetina med pripravo kislega kruha iz ajde

V poskus smo vključili moko iz zrnja tatarske ajde in navadne ajde, ki je služila kot kontrolni vzorec. V vzorcih moke, testa pred fermentacijo, testa po fermentaciji, testa pred vzhajanjem, testa po vzhajanju in kislega kruha iz obeh vrst ajde, smo spremljali spremembe vsebnosti rutina in kvercetina ter antioksidativne aktivnosti. Namen poskusa je bil določiti, kako se med pripravo in peko kisljih kruhov iz moke tatarske ajde spreminja vsebnost rutina in kvercetina ter antioksidativna aktivnost.

### 1.8.3 Spremembe koncentracije rutina in kvercetina v hidrotermično obdelani tatarski ajdi

V poskusu smo uporabili moko iz neobdelane tatarske ajde (kontrolni vzorec) in moko iz hidrotermično obdelane tatarske ajde. Iz hidrotermično obdelane moke

tatarske ajde smo pripravili kisle kruhe. Cilj poskusa je bil določiti, kako na spremembe, vsebnost in dostopnost rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost vplivajo mlečnokislinska fermentacija, predhodna hidrotermična obdelava zrnja in peka.

## 2 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 2.1 Razvoj kruha brez glutena z večjo vsebnostjo flavonoidov in omega-3 maščobnih kislin kot sestavin z uporabo moke tatarske ajde in moke oljne kadulje

Moko oljne kadulje (*Salvia hispanica* L.), ki vsebuje n-3 alfa linolensko kislino in moki tatarske ajde ter navadne ajde, ki imata visoko vsebnost antioksidantov, smo uporabili za pripravo različnih vrst kruhov z namenom, da bi izboljšali njihovo prehransko vrednost in lastnosti, pomembne za zdravje ljudi. Antioksidativna aktivnost je bila pri vzorcih kruha določena z metoda- ma FRAP in ORAC, medtem, ko je bila vsebnost fenolnih snovi določena po Folin-Ciocalteu metodi. V vzorcih kisljih kruhov smo določali tudi prehransko sestavo in vsebnost maščobnih kislin. Za tatarsko ajdo je bilo v preteklih raziskavah ugotovljeno, da ima ugodno prehransko sestavo (BONAFACCIA 2003a, 2003b). Njena glavna prednost pred žiti in nepravimi žiti je, da vsebuje veliko flavonoidov, predvsem rutina in kvercetina, ki pozitivno vplivata na zdravje ljudi (FABJAN et al. 2003, CAO et al. 2008; WIESLANDER et al. 2011). Za tatarsko ajdo je bilo ugotovljeno tudi, da vsebuje razmeroma malo nenasičenih maščobnih kislin (BONAFACCIA et al. 2003a), za katere se v zadnjem času ugotavlja, da imajo pomembno varovalno vlogo pred nastankom kroničnih bolezni, kot so hipertenzija, srčno-žilne bolezni, diabetes in kancerogene bolezni (POUDYAL et al. 2012). Zrnje rastline oljne kadulje pa vsebuje veliko nenasičenih maščobnih kislin, predvsem n-3 in n-6 (JIMENEZ et al. 2010) in je eden najboljših virov alfa linolenske kisline v prehrani (SARGI et al. 2013). Ker so maščobne kisline občutljive na dejavnike okolja kot so svetloba, kisik in toplota in so hitro pokvarljive, njihovo obstojnost pa lahko podaljšajo antioksidanti, smo se odločili, da izkoristimo visoko vsebnost antioksidantov v tatarski ajdi in povečano vsebnost maščobnih kislin v zrnju oljne kadulje in pripravimo funkcijske kruhe brez glutena, ki bi bili lahko primerni tudi za bolnike s celiakijo. Da bi ugotovili, kakšen vpliv ima sama priprava, mlečnokislinska fermentacija in temperatura na vsebnost in spremembo za zdravje

ugodnih snovi iz moke tatarske ajde in moke oljne kadulje, smo iz mešanice obeh mok pripravili kisle kruhe.

Skladno s pričakovanji smo ugotovili, da je bila največja vsebnost n-3 maščobnih kislin ugotovljena v kislem kruhu iz moke tatarske ajde in oljne kadulje in v kislem kruhu iz moke navadne ajde in oljne kadulje. Pri ostalih kisljih kruhah (100 : 0) in (90 : 10) je bila vsebnost n-3 maščobnih kislin manjša. Razmerje večkrat nenasičenih/ nasičenih maščobnih kislin je bilo večje v vseh kruhah iz mešanice mok ajde in oljne kadulje, kot v kruhah, pripravljenih samo iz moke tatarske ajde oziroma moke navadne ajde. Podoben vpliv na povečanje razmerja vsebnosti večkrat nenasičenih/ nasičenih maščobnih kislin v kruhu, pripravljenem iz moke pšenice z dodatkom moke oljne kadulje, sta v raziskavi ugotovili tudi Coelho in Salas-Mellad (2015). Največja vsebnost skupnih fenolnih snovi je bila ugotovljena v kislem kruhu tatarske ajde z dodatkom moke oljne kadulje, kar nakazuje na dejstvo, da je poleg tatarske ajde oljna kadulja prispevala fenolne snovi v kislem kruhu, ki so se po peki kislega kruha tudi ohranile. Za zrnje rastline oljne kadulje je bilo namreč ugotovljeno, da vsebuje fenolne snovi in ima veliko antioksidativno aktivnost (REYES-CAUDILLO et al. 2008). V raziskavi Vogrinčič et al. (2010) so opazili, da se je vsebnost skupnih fenolnih snovi povečevala z večanjem deleža moke tatarske ajde, prisotne v kruhu (VOGRINČIČ et al. 2010). Ker je moka tatarske ajde dober vir flavonoidov, smo pričakovano največjo vsebnost skupnih flavonoidov določili v moki tatarske ajde in posledično tudi v kislem kruhu, pripravljenem samo iz moke tatarske ajde. Največja antioksidativna aktivnost je bila določena v mešanem kruhu iz moke tatarske ajde in oljne kadulje, na podlagi tega rezultata lahko sklepamo, da sta tako moka tatarske ajde kot moka oljne kadulje prispevali k skupni antioksidativni aktivnosti kislega kruha. Mešanica moke tatarske ajde in oljne kadulje se je izkazala kot zelo ustrezna za pripravo kislega kruha, saj se je takšna sestava kislega kruha izkazala kot najboljša v primerjavi s kruhi iz moke oziroma iz mešanice drugih mok, uporabljenih za pripravo kisljih kruhov v našem poskusu. Visoka vsebnost



antioksidantov v tem kruhu ni prispevala zgolj k zaščiti n-3 maščobnih kislin pred oksidacijo, temveč se je v takšnem kruhu ohranilo tudi veliko antioksidantov. Večja antioksidativna aktivnost tako pripravljenih kruhov je najverjetneje posledica večje vsebnosti skupnih antioksidantov v zrnju tatarske ajde in oljne kadulje. Tudi Vogrinčič et al. (2010) so v kruhu, ki je vseboval tatarsko ajdo, določili največjo antioksidativno aktivnost v primerjavi s kruhom, ki je vseboval pšenično moko, oziroma mešanico pšenične moke in moke tatarske ajde (VOGRINČIČ et al. 2010). Ne preseneča niti dejstvo, da je bilo pri moki tatarske ajde več skupnih fenolnih snovi, flavonoidov in večja antioksidativna aktivnost kot v kislem kruhu iz moke tatarske ajde oziroma kislem kruhu iz moke tatarske ajde z dodatkom moke oljne kadulje. Tudi pri preteklih raziskavah je bilo namreč ugotovljeno, da termična obdelava moke in izdelkov, ki so vsebovali navadno ali tatarsko ajdo, vpliva na zmanjšanje deleža skupnih fenolov, flavonoidov in antioksidativno aktivnost teh izdelkov (ZHANG et al. 2010; SEANSOY et al. 2006; QUIN et al. 2013; VOGRINČIČ et al. 2010).

V poskusu smo ugotavljali prehransko sestavo kislih kruhov, saj je to pomemben podatek za potrošnike. Ugotovili smo, da je bila vsebnost ogljikovih hidratov v moki oljne kadulje za 80 % manjša kot v mokah pšenice in mokah obeh vrst ajde. To je prispevalo tudi k zmanjšanju vsebnosti ogljikovih hidratov v kislih kruhkih z dodatkom oljne kadulje. Vsebnost beljakovin je bila v moki oljne kadulje za kar 30 % višja v primerjavi z drugimi vrstami moke. To povečanje pri deležu beljakovin je bilo značilno večje tudi pri kislih kruhkih z dodatkom oljne kadulje. Vsebnost maščob je bila prav tako značilno večja v moki oljne kadulje kot v drugih vzorcih moke. Kar 1,5-2 krat večja je bila tudi vsebnost maščob pri kislih kruhkih z dodatkom moke oljne kadulje. Tudi vsebnost prehranskih vlaknin je bila pri moki oljne kadulje 4-8 krat večja v primerjavi z drugimi vzorci moke, predvsem je vsebovala več netopnih vlaknin. Povečan delež prehranskih vlaknin pri moki oljne kadulje je prispeval tudi k povečanju deleža topnih in netopnih prehranskih vlaknin kislih kruhov z dodatkom moke oljne kadulje. Prav tako je bilo pri moki oljne kadulje določenega več pepela kot v drugih vzorcih moke, kar je privedlo tudi do značilno višje vsebnosti pepela v kislih kruhkih z dodatkom moke oljne kadulje. Vsi izmerjeni rezultati vsebnosti ogljikovih hidratov, beljakovin, maščob, prehranskih vlaknin in pepela v vzorcih moke oljne kadulje in mokah obeh vrst ajde so v skladu z ostalimi raziskavami (BONAFACCIA et al. 2003a; PORRAS-LOAIZA et al. 2013; QIN et al. 2010). Glede na prehransko vrednost lahko druge vrste moke z dodatkom moke oljne kadulje po kakovosti

razdelimo v naslednjem vrstnem redu: moka tatarske ajde > moka navadne ajde > pšenična moka.

Kljub večjemu deležu maščobe v moki oljne kadulje, se kisel kruh z dodatkom te moke po energijski vrednosti ni pomembno razlikoval od kislih kruhov, pripravljenih iz samo ene vrste moke (100 : 0), ki niso vsebovali moke oljne kadulje. Energijska vrednost kislega kruha iz pšenične moke, ki smo jo uporabili kot kontrolni vzorec in moke oljne kadulje, je celo nižja od energijske vrednosti pšeničnega kislega kruha. Manjša energijska vrednost je najverjetneje posledica večjega deleža prehranskih vlaknin v kislih kruhkih z dodatkom oljne kadulje.

Ocena prehranskih snovi je prikazala, da so lahko pekovski izdelki, narejeni iz moke tatarske ajde in oljne kadulje, primerni za prehrano oseb s sladkorno boleznijo s čezmerno telesno težo, saj imajo manjšo vsebnost ogljikovih hidratov in večjo vsebnost beljakovin in prehranskih vlaknin. Glede na dosedanje objave lahko uporaba moke tatarske ajde za pripravo kruha prispeva tudi k zmanjšanju glikemičnega indeksa in inzulinskega indeksa na tri različne načine: s tvorbo neprebavljivega (retrogradiranega) škroba, ki nastaja ob segrevanju moke tatarske ajde (SKRABANJA et al. 2001), z zaviranjem prebavnih encimov, kot je amilaza, zaradi proantocianidov v moki ajde in z uravnavanjem inzulinske rezistence preko D-chiro-inositola (TAKAHAMA et al. 2011). Visoka vsebnost prehranskih vlaknin v kruhu iz moke tatarske ajde in oljne kadulje lahko prispeva k dolgotrajnejši sitosti po zaužitju obroka.

Pri določanju senzoričnih lastnosti kislih kruhov kot sta specifičen volumen in barva kislega kruha, smo ugotovili, da je bil največji specifični volumen izmerjen za pšenični kruh (100:0), kar je bilo v skladu z našimi pričakovanji in je pogojeno z vsebnostjo glutena v tej moki. Povečanje specifičnega volumna smo ugotovili tudi pri vseh vrstah kislih kruhov z dodatkom moke oljne kadulje, vendar to povečanje ni bilo značilno. Kruhi, pripravljeni iz obeh vrst ajde, so bili intenzivneje obarvani in temnejši, kar je posledica večje vsebnosti flavonoidov, rutina in kvercetina v teh vrstah moke (FUJITA et al. 2004; VOMBERGAR et al. 2014).

## 2.2 Pretvorbe rutina in kvercetina med pripravo kislega kruha iz ajde

Iz moke tatarske ajde (*Fagopyrum tataricum*) in navadne ajde (*Fagopyrum esculentum*) smo pripravili kisle kruhe, da bi spremljali spremembe in vsebnost rutina in kvercetina, ki nastajajo kot posledica mlečno kislinске fermentacije in peke kislega kruha iz obeh vrst ajde.

Spremljali smo tudi antioksidativno aktivnost. Vsebnost rutina in kvercetin v vzorcih priprave in peke smo določali z visokotlačno tekočinsko kromatografijo (HPLC). Zasnova za mlečno kislinsko fermentacijo kislega testa je vsebovala dve mikrobnii kulturi, *Lactobacillus heilongjiangensis* in *Pediococcus parvulus*.

Enako kot pri drugih objavljenih raziskavah (VOGRINČIČ et al. 2010; LIN et al. 2009; KOČEVAR GLAVAČ et al. 2017) je tudi v našem poskusu med mlečnokislinsko fermentacijo vzorcev testa navadne ajde in tatarske ajde, prišlo do pretvorbe rutina v kvercetin. Moka tatarske ajde je vsebovala 14,6 mg/g rutina in 1,9 mg/g kvercetin v suhi snovi. V moki navadne ajde sta bili koncentraciji rutina in kvercetin pod mejo detekcije. Meja detekcije za rutin je bila 1,12 µg/mL in za kvercetin 1,01 µg/mL. Presenetljiva je ugotovitev, da je bilo v zasnovi za fermentiranje kislega testa rutina 1,54 mg/g in znatno več kvercetin, kar 12,53 mg/g kot v sami moki tatarske ajde. To nakazuje, da so mikroorganizmi v zasnovi za fermentiranje za svoj obstoj in rast uporabljali druge snovi in ne flavonoidov. V času razgradnje drugih snovi, kot vira energije za mikroorganizme, se je koncentracija kvercetin povečevala. Verjetno so bakterije za svoj metabolizem porabljale sladkorje, ki so se sproščali po razgradnji rutina. Molekule rutina so se namreč razgrajevale med fermentacijo kislega testa. Za zdaj še ni znano, ali je ta razgradnja posledica encimov rutinaz, ki so v tatarski ajdi (YASUDA & NAKAGAWA, 1994; SUZUKI et al. 2002), ali encimov, ki jih v procesu fermentacije sproščajo bakterije. Če je razgradnja rutina potekala pod vplivom encimov rutinaz iz tatarske ajde, to pomeni, da so ti encimi ostali aktivni vsaj 10 ur v razmerah fermentacije kislega testa.

Vsebnost kvercetin smo ugotovili v testu pred fermentacijo navadne ajde, kar je posledica dodatka zasnove za fermentiranje testa, ki je vseboval moko tatarske ajde. Njegova vsebnost se je med postopkom priprave in peke pri vzorcih navadne ajde še naprej značilno manjšala, kar je posledica odsotnosti rutina, ki v tem primeru ni bil vir za nastajanje večje vsebnosti kvercetin v vzorcih testa navadne ajde. V kislem testu tatarske ajde je bilo pred fermentacijo manj rutina kot v moki tatarske ajde in kar štirikrat več kvercetin kot v moki te ajde. Višja vsebnost kvercetin v kislem testu je posledica dodatka zasnove za fermentiranje. Pričakovano je bilo, da bo v testu pred fermentacijo navadne ajde, ki ga sestavlja 35 odstoten delež zasnove za fermentiranje testa in 65 odstoten delež moke navadne ajde, 4,5 mg kvercetin (vključno s kvercetinom v molekulah rutina) (LUKŠIČ et al. 2016a).

Med procesom fermentacije in vzhajanja testa vzorcev tatarske ajde se je vsebnost rutina značilno

zmanjševala, medtem ko se je vsebnost kvercetin v vzorcih testa povečevala, kar nakazuje na to, da se je rutin v procesu fermentacije in vzhajanja testa pretvarjal v kvercetin. Po peki kislega kruha iz tatarske ajde je rutin popolnoma izginil, prisoten je bil samo kvercetin. Tako rutin, kot kvercetin sta bila v pečenem kislem kruhu navadne ajde pod mejo detekcije. Ugotovitve so v skladu z ugotovitvami Vogrinčič et al. (2010) in Sakač in et al. (2011). Naše ugotovitve v primerjavi z ugotovitvami Vogrinčič et al. (2010) nakazujejo, da razgradnja rutina v kvercetin v kislem testu in kruhu poteka podobno kot v kvašenem kruhu. Podobna koncentracija kvercetin je ostala v našem kislem kruhu iz moke tatarske ajde (5,1 mg/g), kot v kvašenem kruhu (5,0 mg/g) iz moke tatarske ajde. Med pripravo kislega testa in peko kislega kruha je bil rutin razgrajen v celoti, za razliko od kvašenega kruha, v katerem je ostalo 0,4 mg rutina/g (VOGRINČIČ et al. 2010).

Ugotovili smo, da je količina kvercetin v testu odvisna od začetne količine kvercetin v moki, razgradnje rutina v kvercetin in splošne razgradnje kvercetin v procesu priprave kruha. Manjše koncentracije izmerjenega kvercetin v kislih kruhiih obeh vrst ajde so prav tako lahko posledica vključevanja fenolnih snovi v škrobne strukture, predvsem amilozo, ki med postopkom priprave in peke spremeni svojo strukturo in v tem procesu lahko v lastno strukturo vključuje tudi manjše molekule (ŠKRABANJA et al. 2000; GODERIS et al. 2014; RYNO et al. 2014). Liu et al. (2015) poročajo tudi, da vročina in povečana vlažnost vplivata na povečanje sposobnosti vezave vode v škrobna zrna tatarske ajde. Ker sta rutin in kvercetin vodotopna (MORAND et al. 2000) je mogoče, da sta se med postopkom priprave in peke skupaj z vodo vključila v škrobna zrna ajde. Mogoče je tudi, da ima pH kislega testa vpliv na sproščanje kvercetin. Obstaja pa tudi možnost, da pri visoki koncentraciji flavonoidov v tatarski ajdi, molekule ščitijo druga drugo pred razgradnjo. O podobnih ugotovitvah so poročali tudi Vogrinčič et al. (2010), kjer je bil v kvašenem testu in kruhiih z majhno začetno koncentracijo rutina in kvercetin, rutin v kruhu razgrajen v celoti, v nasprotnem primeru, pa je v kruhiih, kjer je bila začetna koncentracija rutina in kvercetin večja, približno pol rutina iz testa ostalo prisotnega v kislem kruhu. Ker je bila večina molekul rutina razgrajena v procesu fermentacije zasnove za kisloto in vzhajanja kislega testa, ne moremo oceniti, kaj se je z rutinom dogajalo med peko kislega kruha za razliko od kvašenega testa, v katerem je rutin ostal tudi po peki kruha (VOGRINČIČ et al. 2010). Kemijska zgradba glikozida je pomembna lastnost, ki vpliva na sposobnost privzema kvercetin glikozida med prebavo (ARTS et al. 2004). Poročali so tudi, da se kvercetin iz

prehrane v veliki meri absorbira v živalska tkiva (DE BOER et al. 2005). Kvercetin je flavonoid s podobno biološko dostopnostjo in s podobnim vplivom na zdravje ljudi kot rutin (SIKDER et al. 2014). Ugotovili so, da se rutin v krvni plazmi pojavlja v obliki kvercetina s sledovi kemferola in izorhamnetina. Največja koncentracija kvercetina v krvni plazmi se je pri sodelujočih osebah v poskusu pojavila med 4 in 7 urami po prejemu 500 mg tablete rutina. Količina absorbiranega kvercetina med osebami sodelujočimi v poskusu je bila med 40-220 ng/ml (BOYLE et al. 2000). Glede na te ugotovitve je pretvorba rutina v kvercetin v kislem kruhu sprejemljiva, saj ima kvercetin pri ljudeh podobno biološko dostopnost kot rutin (SIKDER et al. 2014). Večja vsebnost kvercetina je tudi dobrodošel dodatek k drugim snovem v kislem kruhu, ki imajo pozitiven učinek na zdravje.

Z namenom, da bi ugotovili, kaj se med mlečnokislinsko fermentacijo in peko kislega kruha iz tatarske ajde in navadne ajde dogaja z ostalimi antioksidanti, smo določali antioksidativno aktivnost vzorcev med pripravo in peko. Antioksidativna aktivnost se je med postopkom priprave kislega kruha iz navadne ajde povečevala od moke vse do kislega kruha. Ta rezultat je lahko posledica nastajanja novih snovi z antioksidativno aktivnostjo, v procesu Maillardove reakcije, med segrevanjem vzorcev priprave in peke (ZHANG et al. 2010). V nasprotju s tem je bila največja antioksidativna aktivnost v vzorcih tatarske ajde ugotovljena v moki in zasnovi za testo in najnižja v kislem kruhu. To je lahko posledica povezovanja flavonoidov iz tatarske ajde z ostalimi molekulami, nastalimi v Maillardovi ali kakšni drugi reakciji. Podoben padec antioksidativne aktivnosti je bil opažen pri kvašenem kruhu iz moke tatarske ajde (VOGRINČIČ et al. 2010) ter tudi pri moki tatarske ajde kot posledica različnih vrst termične obdelave (peke, segrevanja s paro in mikrovalovnega segrevanja) (ZHANG et al. 2010). Vzorci priprave in peke navadne ajde in tatarske ajde se razlikujejo v skupni antioksidativni aktivnosti, vendar molekulska osnova teh razlik za enkrat ostaja neznana in zahteva nadaljnje raziskovanje.

Pri določanju senzoričnih lastnosti kot sta specifični volumen in barva kislih kruhov iz tatarske ajde in navadne ajde smo ugotovili, da je bil specifičen volumen kislega kruha iz moke navadne ajde manjši od specifičnega volumna kislega kruha iz moke tatarske ajde. Takšen rezultat ni presenetljiv, saj sta navadna ajda in tatarska ajda botanično različni vrsti. Odsotnost glutena v ajdovih mokah pa vpliva na to, da se med vzhajanjem kruha tvori manj ogljikovega dioksida in posledično takšen kruh ne vzhaja toliko, kot kruhi, pripravljene iz moke, ki vsebuje gluten (HOUBEN

et al. 2012). Z merjenjem barve kislih kruhov smo potrdili, da je kisel kruh, pripravljen iz moke tatarske ajde, bolj zelenkasto obarvan od kruha iz moke navadne ajde, kar je je lahko posledica višje vsebnosti rutina in kvercetina v moki tatarske ajde (FUJITA et al. 2004; VOMBERGAR et al. 2014).

### 2.3 Hidrotermična obdelava tatarske ajde je ovirala pretvorbo rutina v kvercetin

Zrnje tatarske ajde smo hidrotermično obdelali, zmleli in iz njega pripravili hidrotermično obdelano (HT) moko. Ugotavljali smo vpliv predhodne hidrotermične obdelave, mlečno kislinske fermentacije in peke na dostopnost, spremembe in vsebnost flavonoidov, rutina in kvercetina v vzorcih priprave in peke kislega kruha iz HT moke tatarske ajde. Preučevali smo tudi, kako na dostopnost in vsebnost rutina in kvercetina v vzorcih priprave in peke hidrotermično obdelane tatarske ajde, vpliva različen čas ekstrakcije (20 min, 2 h in 8 h). Vsebnost rutina in kvercetina v vzorcih priprave in peke iz HT tatarske ajde je bila izmerjena s HPLC. Antioksidativna aktivnost vzorcev priprave in peke je bila določena z metodama PCL (photochemiluminescence) in ORAC.

V poskusu smo uporabili moko iz zrnja HT tatarske ajde in ostale vzorce priprave in peke (testo in kisel kruh) iz HT tatarske ajde. Kot kontrolni vzorec smo uporabili moko predhodno neobdelanega zrnja tatarske ajde. Vzorce smo ekstrahirali 20 min, 2 h in 8 h. V neobdelani moki tatarske ajde je bila večina dostopnega rutina ekstrahirana že v 20 min, nobenega značilnega porasta rutina nismo izmerili po 2 h in 8 h ekstrakcije. V nobenem od vzorcev HT tatarske ajde pa količina rutina ni preseгла vsebnosti rutina v neobdelani moki tatarske ajde. V nasprotju z neobdelano moko tatarske ajde je bilo v HT moki tatarske ajde po 20 min izločenega za polovico manj rutina kot v neobdelani moki tatarske ajde, s podaljševanjem časa ekstrakcije (2 h in 8 h) pa je bilo iz moke izločenega več rutina, vendar njegova vsebnost še vedno ni preseгла vsebnosti rutina v neobdelani moki tatarske ajde po 20 min ekstrakcije. Meritve kažejo, da med postopkom hidrotermične obdelave, rutin postane vključen v strukture v moki in tako postane težje dostopen.

Med procesom priprave HT zasnovi za kislno testo in kislega testa je bilo dostopnega manj rutina v primerjavi s HT moko tatarske ajde. V vzorcih testa večina rutina ni bila dostopna po 20 min ekstrakcije, vendar šele po 2 h oziroma 8 h ekstrakcije. Pojav večje koncentracije kvercetina v testih nakazuje, da se je nezločeni del rutina pretvoril v kvercetin. Pretvorba ru-

tina v kvercetin je pričakovana, saj so v tatarski ajdi encimi, ki so sposobni razgraditi rutin in ga pretvoriti v kvercetin (YASUDA & NAKAGAWA 1994; SUZUKI et al. 2002). Za te encime sicer ni pričakovano, da bi ostali aktivni preko postopka hidrotermične obdelave, vendar so ostali v zasnovi za fermentiranje kislega testa in se po tej poti pojavili v testu. V nasprotju z rutinom je bila večina kvercetina iz moke in vzorcev priprave in peke HT tatarske ajde dostopna že po 20 min ekstrakcije, kar nakazuje na to, da kvercetin ni bil v tolikšni meri vključen v strukture v moki kot rutin. Rutin, dostopen iz zasnove za testo in testa šele po 8 h ekstrakcije, je bil očitno tako močno vključen v strukture v moki, da ni bil dostopen niti rutin-razkrajajočim encimom. Rutin dostopen po 8 h ekstrakcije je ostal nespremenjen in se ni pretvoril v kvercetin v procesu mlečno kislinske fermentacije in vzhajanja testa. V kislem kruhu je tako ostalo 2 mg/g rutina in 6 mg/g kvercetin. Za nobeno drugo metodo priprave kruha iz moke tatarske ajde ni znano, da bi se med postopkom priprave kruha ohranilo toliko rutina. Suzuki et al. (2015) so nedavno poročali o tem, da so ob uporabi tatarske ajde s samo sledovi rutinoidaze pripravili kruh iz mešanice moke te tatarske ajde in pšenice z 0,63 mg/g rutina, kar predstavlja približno 50 % delež ohranjenega rutina v kruhu, v primerjavi z izvorno surovino (moko). Wieslander et al. (2011) so poročali o koncentraciji 2,5 mg/g rutina prisotnega v piškotih, pripravljenih iz moke tatarske ajde. Vendar so bila v piškotih kot medij za pripravo testa uporabljena jajca in margarina, peka piškotov pa je bila izvedena nemudoma po pripravi testa, 12 min pri 185 °C. V piškotih je bil poleg rutina izmerjen tudi kvercetin (1,6 mg/g). V prvi fazi našega poskusa smo ugotovili, da se v kruhu, pripravljenem iz neobdelane moke tatarske ajde v procesu priprave in peke rutin ni ohranil. Poraja pa se vprašanje, na kakšen način je bil rutin v HT tatarski ajdi zaščiten pred pretvorbo v kvercetin. Mogoče je, da se molekule flavonoidov povežejo v komplekse z beljakovinami ali amilozo (ŠKRABANJA et al. 2000; TUFVESON et al. 2001; RYNO et al. 2014; GODERIS et al. 2014). Takšni kompleksi zaščitijo flavonoide in preprečijo njihovo ekstrakcijo in poleg tega zmanjšajo prebavljivost amiloze in beljakovin (ŠKRABANJA et al. 1998, 2000). Obstaja tudi možnost, da ob povečani koncentraciji flavonoidov v tatarski ajdi, ti zaščitijo drug drugega pred razgradnjo. O podobnih ugotovitvah so poročali tudi Vogrinčič et al. (2010).

Tudi v našem poskusu nas je zanimalo, kaj se med postopkom predhodne hidrotermične obdelave, mleč-

nokislinske fermentacije in peke, dogaja z ostalimi antioksidanti, zato smo v vzorcih priprave in peke kislega kruha tatarske ajde določali antioksidativno aktivnost. Ugotovili smo, da v procesu priprave kislega kruha iz moke HT tatarske ajde ni bilo značilne razlike med vzorci priprave in peke v antioksidativni aktivnosti, razlika se je pojavila šele pri kislem kruhu, ki je imel značilno manjšo antioksidativno aktivnost v primerjavi z moko in testom. Na podlagi rezultata lahko sklepamo, da predhodna termična obdelava in mlečnokislinska fermentacija nista vplivali na antioksidativno aktivnost vzorcev priprave in peke tatarske ajde, medtem ko je imela peka negativen učinek na antioksidativno aktivnost kislega kruha. Podobno zmanjšanje antioksidativne aktivnosti je bilo opaženo tudi v poskusih, kjer smo pripravili kisle kruhe iz neobdelane moke tatarske ajde (COSTANTINI et al. 2014; LUKŠIČ et al. 2016a) in za kvašen kruh iz moke tatarske ajde (VOGRINČIČ et al. 2010).

#### 2.4 Primerjava antioksidativne aktivnosti vzorcev priprave in peke iz moke tatarske ajde, HT tatarske ajde in navadne ajde

V preglednici 1 smo prikazali primerjavo med antioksidativno aktivnostjo v vzorcih priprave in peke kisljih kruhov iz moke navadne ajde, neobdelane moke tatarske in ajde in HT moke tatarske ajde. Antioksidativna aktivnost je med postopkom priprave in peke podobno upadala v vzorcih tatarske ajde in HT tatarske ajde. Podoben padec antioksidativne aktivnosti smo opazili tudi med moko in kislim kruhom tatarske ajde v poskusu z neobdelano moko tatarske ajde (COSTANTINI et al. 2014). Nasprotno pa se je antioksidativna aktivnost med postopkom priprave in peke v vzorcih navadne ajde v drugem poskusu večala. V prvem poskusu smo ugotovili podobno zmanjšanje antioksidativne aktivnosti pri kislem kruhu navadne ajde, kot pri kisljih kruhih tatarske ajde in HT tatarske ajde (Preglednica 1) (COSTANTINI et al. 2014). Razlike v antioksidativni aktivnosti med vzorci priprave in peke tatarske ajde, HT tatarske ajde in navadne ajde zahtevajo nadaljnje raziskovanje. Ugotovili smo, da ima kisel kruh, pripravljen iz moke HT tatarske ajde, večjo antioksidativno aktivnost od kislega kruha iz moke tatarske ajde (LUKŠIČ et al. 2016a, 2016b). Pri kislem kruhu iz moke navadne ajde smo določili večjo antioksidativno aktivnost v primerjavi s kruhom tatarske ajde in HT tatarske ajde (Preglednica 2) (LUKŠIČ et al. 2016a, 2016b).

**Preglednica 1: Primerjava antioksidativne aktivnosti ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  troloks ekvivalentov) vzorcev priprave in peke tatarske ajde, hidrotermično obdelane (HT) tatarske ajde in navadne ajde. Podatki so povprečja  $\pm$  standardni odklon ( $n=4$ ). Izvlečki vzorcev priprave in peke so bili pripravljani trikrat. Povprečne vrednosti z različno malo tiskano črko v vrstici so značilno različne ( $P < 0,05$ ). ZF, začetek fermentacije; KF, konec fermentacije; ZV, začetek vzhajanja; KV, konec vzhajanja.**

**Table 1: Comparison of antioxidant activity ( $\mu\text{g}/\text{mg}$  trolox equivalents) of Tartary buckwheat, hydrothermally conditioned (HT) Tartary buckwheat and common buckwheat baking samples. Data are means  $\pm$  standard deviation ( $n=4$ ). Extracts from baking samples were prepared three times. Means with different small letters in a row are significantly different ( $P < 0.05$ ). ZF, before fermentation; KF, after fermentation; ZV, before rising; KV, after rising.**

Vzorec ajde	Antioksidativna aktivnost ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ troloks ekvivalentov)					
	Moka	Osnova za testo ZF	Osnova za testo KF	Testo ZV	Testo KV	Kisel kruh
Tatarska ajda	88,45 $\pm$ 6,70a	76,40 $\pm$ 6,55a	73,78 $\pm$ 2,36a	66,64 $\pm$ 2,03ab	65,64 $\pm$ 4,23ab	50,25 $\pm$ 21,99b
HT Tatarska ajda	82 $\pm$ 3a	102 $\pm$ 10a	87 $\pm$ 8a	92 $\pm$ 8a	83 $\pm$ 15a	71 $\pm$ 3b
Navadna ajda	57,54 $\pm$ 5,87a	63,42 $\pm$ 2,43a	68,58 $\pm$ 5,61a	79,66 $\pm$ 3,48b	79,53 $\pm$ 4,63b	77,15 $\pm$ 3,45b

Povzeto po (Lukšič et al. 2016a, 2016b).

## 2.5 Primerjava vsebnosti rutina in kvercetina v vzorcih priprave in peke iz moke tatarske ajde, HT tatarske ajde in navadne ajde

V preglednici 2 smo primerjali vsebnost rutina in kvercetina med postopkom priprave in peke kislega kruha v vzorcih priprave in peke iz moke navadne ajde, tatarske ajde in HT tatarske ajde. Ugotovili smo, da sta mlečno kislinska fermentacija in toplotna obdelava vplivali na pretvorbo rutina v kvercetin pri vzorcih priprave in peke tatarske ajde, HT tatarske ajde in navadne ajde. Pretvorbe rutina v kvercetin je bila pri vseh vzorcih priprave in peke iz ajde podobna. Vsebnost rutina je v vseh vzorcih priprave in peke tatarske ajde in HT tatarske ajde upadala preko celotnega postopka priprave in peke, od moke do konca vzhajanja testa, po peki pa je bil v kislem kruhu tatarske ajde rutin pod mejo detekcije. Rutin pa se je po peki ohranil v kislem kruhu HT tatarske ajde, tega je bilo kar 2 mg/g, kar predstavlja skoraj 1/3 rutina, prisotnega v izvorni surovini, moki. V vseh vzorcih priprave in peke navadne ajde je bil rutin pod mejo detekcije (Preglednica 2). V nasprotju z rutinom se je vsebnost kvercetina v vzorcih tatarske ajde med postopkom priprave kislega kruha povečevala, njegova vsebnost se je

nekoliko zmanjšala šele pri kislem kruhu, kar je posledica vpliva peke na razgradnjo kvercetina oziroma njegove vključenosti v druge strukture v moki. Pri vzorcih priprave in peke HT tatarske ajde se je vsebnost kvercetina med postopkom fermentacije osnove za testo povečevala in nekoliko zmanjšala med postopkom vzhajanja testa, presenetila pa nas je ugotovitev, da je bilo po peki kislega kruha HT tatarske ajde v njem prisotnega več kvercetina kot v surovem testu po vzhajanju. Podobno se je vsebnost kvercetina spreminjala tudi v vzorcih priprave in peke navadne ajde. Ker je bil kvercetin v moki navadne ajde pod mejo detekcije, sklepamo, da je večina kvercetina v vzorce osnove za testo in testa prišla iz zasnove za mlečnokislinsko fermentacijo testa. Kvercetin v kislem kruhu navadne ajde po peki nismo več ugotovili, kar je pričakovano, saj je bila njegova vsebnost nižja že v testu po vzhajanju (Preglednica 2). Ugotovili smo, da ima kisel kruh, pripravljen iz moke HT tatarske ajde, večjo vsebnost rutina in kvercetina od kislega kruha iz moke tatarske ajde. V kislem kruhu iz moke navadne ajde se rutin in kvercetin nista ohranila (Preglednica 2). Naše ugotovitve so lahko v pomoč pri pripravi tako imenovanih funkcijskih kruhov z dodatno vsebnostjo zdravju koristnih snovi.

Preglednica 2: Primerjava vsebnosti rutina in kvercetina (mg/g SM) v vzorcih priprave in peke tatarske ajde, HT tatarske ajde in navadne ajde. Podatki so povprečja ± standardni odklon (n=3). Izvlečki vzorcev so bili pripravljene trikrat. Povprečne vrednosti z različno malo tiskano črko v vrstici so značilno različne (P < 0,05). ND, pod mejo detekcije; ZF, začetek fermentacije; KF, konec fermentacije; ZV, začetek vzhajanja; KV, konec vzhajanja; SM, suhe mase.

Table 2: Comparison of contents of rutin and quercetin (mg/g DM) in baking samples of Tartary buckwheat, HT Tartary buckwheat and common buckwheat. Data are means ± standard deviation (n=3). Extracts from baking samples were prepared three times. Means with different small letters in a row are significantly different (P < 0.05). ND, data below the detection limit; ZF, before fermentation; KF, after fermentation; ZV, before rising; KV, after rising; DM, dry mass.

Vzorec ajde in flavonoid	Koncentracija flavonoidov (mg/g SM)					
	Moka	Osnova za testo ZF	Osnova za testo KF	Testo ZV	Testo KV	Kisel kruh
<b>Rutin</b>						
Tatarska ajda	14,69 ± 0,84d	3,29±0,09c	2,72±0,11b	2,62±0,09a	2,40±0,12a	ND
HT Tatarska ajda	7,10±0,21a	2,63±0,06b	1,41±0,04c	2,22±0,03d	1,43±0,10c	2,09±0,06d
Navadna ajda	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<b>Kvercetin</b>						
Tatarska ajda	1,94 ± 0,79c	8,15±0,10b	8,45±0,75b	8,70±0,40b	8,85±0,27b	5,08±0,40a
HT Tatarska ajda	0,53±0,02a	5,35±0,07b	6,40±0,11c	4,57±0,32d	5,37±0,12b	6,17±0,09c
Navadna ajda	ND	1,49±0,03c	1,26±0,08a	0,72±0,09b	0,75±0,02b	ND

Povzeto po (LUKŠIČ et al. 2016a, 2016b).

## 2.6 Določanje vsebnosti taninov v moki navadne ajde, tatarske ajde in HT tatarske ajde

Tanini so heterogena skupina polifenolov in jih, kot sekundarne metabolite, najdemo v številnih rastlinah (FALCAO & ARAUJO 2014). Prisotni so v vseh rastlinskih delih, koreninah, steblih, listih, cvetovih, semenih in plodovih (SANTOS et al. 2017). Rastline, ki so bolj izpostavljene soncu, lahko vsebujejo več taninov, saj UV-B sevanje vpliva na povečanje vsebnosti taninov v rastlinah (KREFT et al. 2002). Tanini so odgovorni za številne senzorične lastnosti (na primer astrigentnost vina) in prehranske lastnosti rastlinske hrane (SANTOS et al. 2017).

Količino taninov smo določali v vzorcih moka navadne ajde, tatarske ajde in hidrotermično obdelane tatarske ajde, ki so bili pripravljene leta 2012 na kmetiji Rangus na Dolenjskem. Analizirani vzorci moka so bili predhodno liofilizirani in shranjeni v plastični vrečki v hladilniku (5 °C). Tanine smo določali z vanilin-HCl testom, ki temelji na barvni reakciji, ki v kislih razmerah nastane med ekstrahiranim taninom iz moka in vanilinom (nastane rdeče obarvana raztopina) (LUTHAR 1992).

Kot je razvidno iz preglednice 3, smo z analizo vsebnosti taninov v mokah navadne ajde, tatarske ajde in HT tatarske ajde ugotovili, da vsebuje moka navadne ajde skoraj za polovico manj taninov kot moka ta-

tarske ajde in HT tatarske ajde. V mokah tatarske ajde in HT tatarske ajde v vsebnosti taninov ni bilo razlike, kar kaže, da hidrotermična obdelava zrnja tatarske ajde ni vplivala na vsebnost taninov v moki te ajde. To je lahko posledica dejstva, da se tanini povezujejo v komplekse z beljakovinami in sladkorji (LUTHAR 1992; FRAZIER et al. 2010), kar lahko omogoča njihovo večjo obstojnost in odpornost na visoko temperaturo. Ugotovitev, da je vsebnost taninov v moki navadne ajde in mokah tatarske ajde in HT tatarske ajde presegla do zdaj izmerjeno vsebnost taninov v otrobih obeh vrst ajde lahko pojasnimo s koncentracijo snovi v posameznih mlevskih frakcijah (ZHOU et al. 2016). Ugotovitev, da je pri tatarski ajdi prisotnih več taninov, kot pri navadni ajdi, je skladna z večino do zdaj objavljenih raziskav (GADŽO et al. 2010; LUKŠIČ 2013).

**Preglednica 3: Vsebnost taninov v moki navadne ajde, tatarske ajde in HT tatarske ajde v mg/g. Rezultati so povprečja ± standardni odklon (n=3). Izvlečki vzorcev so bili pripravljene trikrat.**

**Table 3: Tannin content in common buckwheat, Tartary buckwheat and HT Tartary buckwheat flour (mg/g). Results are averages ± standard deviation (n=3). The extracts of the samples were prepared three times.**

Vsebnost taninov (mg/g)		
Navadna ajda	Tatarska ajda	HT tatarska ajda
32,6±3,8	68,0±10,0	68,1±7,9

S poskusi smo pridobili pomembne informacije o vplivu mlečnokislinske fermentacije, predhodne hidrotermične obdelave in priprave ter peke kislega kruha na vsebnost in spremembe rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost vzorcev priprave in peke tatarske ajde. Prvi med raziskovalci smo ugotovljali, kaj se z vsebnostjo in pretvorbami rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnostjo dogaja med peko kislih kruhov iz moke tatarske ajde. Prvi smo tudi ugotovili, kako na vsebnost in pretvorbe rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost vpliva predhodna hidrotermična obdelava zrnja tatarske ajde in kaj se z vsebnostjo in pretvorbami rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnostjo dogaja med pripravo in peko kislih kruhov iz tako obdelane moke. Ravno tako so nove naše ugotovitve o tem, kako hidrotermična obdelava vpliva na vsebnost taninov v zrnju tatarske ajde. Novost so tudi naše ugotovitve,

da lahko iz mešanice moke tatarske ajde in oljne kadulje pripravimo kisle kruhe z izboljšano prehransko vrednostjo, večjo vsebnostjo n-3 maščobnih kislin in izboljšanim razmerjem n-3/n-6 maščobnih kislin ter večjo vsebnostjo skupnih fenolnih snovi in antioksidativno aktivnostjo. Naše ugotovitve prispevajo k razumevanju vpliva izbire sestavin, izbire metode ter postopka priprave in peke kruhov na vsebnost snovi, kot so rutin in kvercetin ter ostalih antioksidantov. Te ugotovitve prispevajo k razumevanju vpliva izbire sestavin, metode ter postopka priprave in peke kruha na izboljšanje prehranske vrednosti in vsebnosti snovi koristnih za zdravje. Raziskava spodbuja nadaljnje proučevanje vpliva hidrotermične obdelave vzorcev tatarske ajde na ekstrakcijo rutina in kvercetina ter na njuno spreminjanje pri različnih razmerah temperature in vlažnosti ter pri pripravi različnih izdelkov.

### 3 POVZETEK

Opravili smo temeljne raziskave, ki prispevajo k boljšemu poznavanju vpliva mlečno kislinke fermentacije in termične obdelave na vsebnost in spremembe izbranih aktivnih sestavin, vse od zrnja, do priprave kislega kruha iz tatarske ajde.

V vzorcih moke in kislih kruhov iz mok navadne ajde, tatarske ajde, oljne kadulje in pšenice (kontrolni vzorec) ter različnih mešanic teh mok, smo določali vsebnost prehranskih snovi, vsebnost skupnih fenolnih snovi in flavonoidov, vsebnost rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost. Ugotovili smo, da je kombinacija moke tatarske ajde in moke oljne kadulje omogočila pripravo kruha z izboljšanimi funkcijskimi lastnostmi. Kisli kruhi, pripravljene iz moke pšenice, navadne ajde in tatarske ajde, ki so vsebovali dodatek moke oljne kadulje v razmerju 90 : 10, so vsebovali več beljakovin, netopnih prehranskih vlaknin in n-3 maščobnih kislin ter prispevali k ustrežnejšemu razmerju n-6/n-3 maščobnih kislin, ki se je v primerjavi s kislimi kruhi iz obeh vrst ajdove moke (100 : 0), v ajdovih kruhih z dodatkom oljne kadulje povečalo za 12- do 13-krat. Moka tatarske ajde lahko v kislih kruhih z dodatkom oljne kadulje prispeva k povečanju deleža večkrat nenasičenih maščobnih kislin, saj lahko zaradi večje vsebnosti antioksidantov delno prepreči oksidacijo teh snovi. Največja vsebnost skupnih fenolnih snovi je bila izmerjena v kislem kruhu tatarske ajde z dodatkom moke oljne kadulje. Največja vsebnost skupnih flavonoidov je bila ugotovljena v kislem kruhu tatarske ajde. Največja antioksidativna aktivnost pa je bila ugotovlje-

na v kislem kruhu iz tatarske ajde z dodatkom oljne kadulje. V tem kislem kruhu je bilo ugotovljeno kar 75-odstotno povečanje vsebnosti skupnih antioksidantov v primerjavi s pšeničnim kruhom (100 : 0). Tako moka tatarske ajde, kot moka oljne kadulje ne vsebuje ta glutena, zato je kruh, pripravljen iz teh dveh vrst moke, primeren tudi za bolnike s celiakijo.

V drugem poskusu smo ugotovljali, kako mlečno kislinška fermentacija in peka vplivata na vsebnost in pretvorbe rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost v vzorcih priprave in peke tatarske ajde in navadne ajde. Vsebnost in pretvorbe rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost smo spremljali tekom celotnega postopka priprave kislih kruhov, od moke, testa in vse do kislega kruha. Dokazali smo, da združen učinek mlečno kislinke fermentacije in peke ohrani kvercetin, vendar ne rutina v kislem kruhu iz moke tatarske ajde. V kislem kruhu iz moke navadne ajde pa sta bila rutin in kvercetin pod mejo detekcije. Med mlečnokislinsko fermentacijo osnove za testo in testa je prihajalo do pretvorbe rutina v kvercetin pri vzorcih priprave in peke tatarske ajde. Za vzorce priprave in peke navadne ajde tega ne moremo trditi, saj je bil rutin v vseh vzorcih priprave in peke pod mejo detekcije. Kvercetin se je v vzorcih priprave in peke navadne ajde pojavil kot posledica dodatka zasnove za mlečnokislinsko fermentiranje testa, ki je vsebovala moko tatarske ajde. V vzorcih priprave in peke navadne ajde se je antioksidativna aktivnost povečevala od moke do zasnove za testo, testa in vse do kislega kruha.

V nasprotju s temi ugotovitvami pa je bila največja antioksidativna aktivnost izmerjena v moki tatarske ajde in testu, najmanjša pa v kislem kruhu. Odkritje, da se kvercetin lahko ohrani v kislem kruhu tatarske ajde, je pomembno iz vidika možnosti potencialne uporabe takšnega kruha kot funkcijskega živila. Molekulske in strukturne razlike v specifičnih volumnih med kislimi kruhi iz moke tatarske ajde in kislimi kruhi iz moke navadne ajde in možen učinek vsebnosti kvercetina na volumen kislega kruha in antioksidativno aktivnost pa so predmet nadaljnjih raziskav.

Ugotavljali smo tudi kako predhodna hidrotermična obdelava zrnja, mlečnokislinska fermentacija in peka vplivajo na zastopanost in pretvorbe rutina in kvercetina ter na antioksidativno aktivnost vzorcev priprave in peke HT (hidrotermično obdelane) tatarske ajde. Vsebnost in kemijske pretvorbe rutina in kvercetina ter antioksidativno aktivnost smo spremljali v vseh vzorcih priprave in peke, od HT moke tatarske ajde, testa in vse do kislega kruha iz HT tatarske ajde. Ugotovili smo, da združen učinek hidrotermične

obdelave zrnja tatarske ajde in mlečno kislinska fermentacija ter peka ohranijo oba flavonoida, rutin in kvercetin v kislem kruhu iz HT moke tatarske ajde. Med mlečno kislinsko fermentacijo testa iz HT moke tatarske ajde je prihajalo do pretvorbe rutina v kvercetin. Kljub temu se je v kislem kruhu, kot končnem izdelku, ohranilo 2 mg/g rutina. To je poglobljena razlika v primerjavi z uporabo neobdelane moke tatarske ajde, kjer se je v procesu priprave kislega kruha ves rutin pretvoril v kvercetin. Antioksidativna aktivnost je bila podobna pri vzorcih priprave in peke HT tatarske ajde, značilno manjša antioksidativna aktivnost se je pojavila v kislem kruhu šele po peki. Ugotovitev, da rutin in kvercetin ostaneta v kislem kruhu iz HT moke tatarske ajde, je pomembna za nadaljnje razumevanje in raziskovanje, kako se za zdravje ugodne snovi pretvarjajo in koliko jih ostane v hrani po mlečno kislinski fermentaciji in večkratni izpostavljenosti visokim temperaturam. Kruh iz HT moke tatarske ajde zaradi ohranitve antioksidantov po peki lahko uvrstimo med potencialna živila s pozitivnimi lastnostmi za zdravje.

#### 4 SUMMARY

The basic research, which would help to improve the understanding of impact of sourdough fermentation and impact of high temperature treatment of Tartary buckwheat on the content and transformation of selected active ingredients from grain to final product *i.e.* sour bread was carried out.

In samples of flour and sour bread made from common buckwheat, Tartary buckwheat, chia, wheat and different combinations of these flours, we have examined content of nutritional substances, the total content of phenolic compounds, content of flavonoids, content of rutin and quercetin and antioxidant activity. It was established that the combination of Tartary buckwheat flour and chia flour allows the preparation of bread with improved functional properties. Sour breads with the addition of chia flour also contained more protein, insoluble dietary fiber, ash and especially n-3 fatty acids, and thus more appropriate ratio of n-6/n-3 fatty acids. N-6/n-3 ratio has increased by 12 to 13 times in buckwheat bread with the addition of chia flour (90 : 10) in comparison to sour breads from both types of buckwheat flour (100 : 0). The addition of chia flour contributed to an increase of the proportion of polyunsaturated fatty acids, this may be due to the increased levels of antioxidants which may contribute to prevention of the oxidation of fatty acids. The highest concentration of phenolic compounds has been estab-

lished in Tartary buckwheat sour bread with addition of chia flour. The highest content of flavonoids has been determined for Tartary buckwheat sour bread. The highest antioxidant activity has been measured in Tartary buckwheat sour bread with the addition of chia flour. In this type of bread the 75% increase in total antioxidants has been determined, compared to wheat bread (100 : 0). Tartary buckwheat flour and chia flour also do not contain gluten, that is why the bread prepared from these two types of flour is suitable also for patients with celiac disease.

We have examined the impact of sourdough fermentation and baking on the content and transformations of rutin and quercetin as well as on antioxidant activity in Tartary buckwheat and common buckwheat baking samples. The content and transformations of antioxidants during whole baking procedure, from flour, to sourdough and up to sour breads were followed. In this experiment we have shown that combined effect of sourdough fermentation and baking, preserves quercetin, but not rutin in Tartary buckwheat sour bread. In common buckwheat sour bread, the concentration of rutin and quercetin have been under the detection limit. During Tartary buckwheat sourdough fermentation rutin has been transformed to quercetin. We can not claim this for common buckwheat baking samples, as rutin has been under detec-



tion limit in all common buckwheat baking samples. Quercetin has most likely entered into these baking samples through addition of sourdough starter, which contained Tartary buckwheat flour. In common buckwheat baking samples the antioxidant activity have increased from flour, through sourdough preparation and toward final product *i.e.* sour bread. In contrast to these findings, the maximum antioxidant activity has been established in the Tartary buckwheat flour and dough, and the lowest in the sour bread. The finding that quercetin is maintained in a Tartary buckwheat sour bread is important from the aspect of the potential use of such bread as a functional food. Molecular and structural differences in specific volume between Tartary buckwheat sour bread and common buckwheat sour bread, and of the potential impact of quercetin on the volume of sour bread and antioxidant activity are the subjects of future research.

The impact of preliminary hydrothermal conditioning of grain, sourdough fermentation and baking on the content and transformations of rutin and quercetin and also on antioxidant activity in HT (hydrothermally treated) Tartary buckwheat baking samples were examined. The content and transformations of antioxidants have been followed during the whole

baking procedure, from flour, through sourdough and in sour bread samples. We have determined that the combined effect of hydrothermal conditioning of Tartary buckwheat grain, sourdough fermentation and baking helps to preserve both flavonoids, rutin and quercetin in HT Tartary buckwheat sour bread. During sourdough fermentation of HT Tartary buckwheat sourdough, there has been a conversion of rutin into quercetin. Despite all, there has been about 2 mg/g of rutin remaining in HT Tartary buckwheat sour bread. This is the main difference compared to the untreated Tartary buckwheat flour in which during the process of preparation of sour bread all rutin has been converted to quercetin. Antioxidant activity has been similar in all HT Tartary buckwheat baking samples, the significant drop of antioxidant activity has been established in sour bread after baking. The finding that rutin and quercetin remain in sour bread from HT Tartary buckwheat flour is important for further understanding and research on how health beneficial substances are converted and how much of them remain in food after lactic acid fermentation and exposure to high temperatures. Bread made from HT Tartary buckwheat flour in order to preserve antioxidants can potentially be classified as food with beneficial health properties.

## ZAHVALA

Raziskovalna programa (št. P1-0212 »Biologija rastlin« in P3-0395 »Prehrana in javno zdravje») ter projekta L4-7552 in J4-5524 je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Raziskavo je podpiral EUFORINNO 7 program EU za infrastrukturo EU (RegPot št. 315982). Raziskave, ki smo jih opravili so prejele sredstva iz Evropske skupnosti v okviru projekta ITEM 26220220180: Building Research Centre «AgroBioTech».

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed by the Slovenian Research Agency, through programmes P1-0143 "Biology of Plants" (P1-0212) and P3-0395 "Nutrition and Public Health", and projects L4-7552 and J4-5524, supported by EUFORINNO 7th FP EU Infrastructure Programme.

(RegPot No. 315982). The research leading to these results has received funding from the European Community under project ITEM 26220220180: Building Research Centre "AgroBioTech".

## LITERATURA-REFERENCES:

- ABDEL RAHEEM, I. T. 2010: *Gastroprotective effect of rutin against indomethacin-induced ulcers in rats*. Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology (England) 107: 742–750. doi: 10.1111/j.1742-7843.2010.00568.x.
- AITKEN, J. F., LOOMES, K. M., RIBA-GARCIA, I., UNWIN, R. D., PRIJIC, G., PHILLIPS, A. S., PHILLIPS, A. R. J., WU, D., POPPITT, S. D., DING, K., BARRAN, P. E., DOWSEY, A. W. & G. J. S. COOPER, 2017: *Rutin suppresses human-amylin/hIAPP misfolding and oligomer formation in-vitro, and ameliorates diabetes and its impacts in human-amylin/hIAPP transgenic mice*. Biochemical and Biophysical Research Communications (United States) 482: 625–631. doi: 10.1016/j.bbrc.2016.11.083.
- ALVAREZ JUBETE, L., ARENDT, E. K. & E. GALAGHE, 2010: *Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients*. Trends in Food Science & Technology (England) 21: 106–113 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.10.014>
- AL-SHABIB, N. A., HUSAIN, F. M., AHMAD, I., KHAN, M. S., KHAN, R. A. & J. M. KHAN, 2017: *Rutin inhibits mono and multi-species biofilm formation by foodborne drug resistant Escherichia coli and Staphylococcus aureus*. Food Control (England) 79: 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.004>
- ALONSO CASTRO, A. J., DOMINGUEZ, F. & A. GARCIA CARRANCA, 2013: *Rutin exerts antitumor effects on nude mice bearing SW480 tumor*. Archives of Medical Research (United States) 44: 346–351. doi: 10.1016/j.arcmed.2013.06.002.
- ARARUNA, M. K., BRITO, S. A., MORAIS-BRAGA, M. F., SANTOS, K. K., SOUZA, T. M., LEITE, T. R., COSTA, J. G. & H. D. COUTINHO, 2012: *Evaluation of antibiotic & antibiotic modifying activity of pilocarpine & rutin*. Indian Journal of Medical Research (India) 135: 252–254.
- ARTS, I.C.W., SESINK, A.L.A., FAASSEN-PETERSA, M. & P. C. H. HOLLMAN, 2004: *The type of sugar moiety is a major determinant of the small intestinal uptake and subsequent biliary excretion of dietary quercetin glycosides*. British Journal of Nutrition (England) 91: 841–847. doi: 10.1079/BJN20041123
- BIALONSKA, D., KASIMSETTY, S. G., SCHRADER, K. K. & D. FERREIRA, 2009: *The effect of pomegranate (Punica granatum L.) byproducts and ellagitannins on the growth of human gut bacteria*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (United States) 57: 8344–8349. doi: 10.1021/jf901931b.
- BONAFACCIA, G., MAROCCHINI, M. & I. KREFT, 2003a: *Composition and technological properties of the flour and bran from common and Tartary buckwheat*. Food Chemistry (England) 80: 9–15. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5)
- BONAFACCIA, G., GAMBELLI, L., FABJAN, N. & I. KREFT 2003b: *Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat*. Food Chemistry (England) 83: 1–5. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00228-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00228-0)
- BOSKOV HANSEN, H., ANDERSEN, M. F., NIELSEN, L. M., BACK KNUDSEN, K. E., MEYER, A. S., CHRISTENSEN, L. P. & A. HANSEN, 2002: *Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread making*. European Food Research and Technology (Germany) 214: 33–42. doi: 10.1007/s00217-001-0417-6
- BOYLE, S. B., DOBSON, V. L., DUTHIE, S. J., HINSELWOOD, D. C., KYLE, J. A. M. & A. R. COLLINS, 2000: *Bioavailability and efficiency of rutin as an antioxidant: a human supplementation study*. European Journal of Clinical Nutrition (England) 54: 774–782.
- CAO, W., CHEN, W., SUO, Z. & Y. YAO, 2008: *Protective effects of ethanolic extract of buckwheat groats on DNA damage caused by hydroxyl radicals*. Food Research International (Canada) 41: 924–929. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.10.014>
- CAMPO, E., DEL ARCO, L., URTASUN, L., ORIA, R. & A. FERRER-MAIRAL, 2016: *Impact of sourdough on sensory properties and consumers preference of gluten-free breads enriched with teff flour*. Journal of Cereal Science (England) 67: 75–82. doi: 10.1016/j.jcs.2015.09.010
- CARVALHO, O. V., BOTELHO, V. V., FERREIRA, C. G., FERREIRA, H. C., SANTOS, M. R., DIAZ, M. A., OLIVEIRA, T. T., SOARES-MARTINS, J. A., ALMEIDA, M. R. & A. SILVA, 2013: *In vitro inhibition of canine distemper virus by flavonoids and phenolic acids: implications of structural differences for antiviral design*. Research in Veterinary Science (United States) 95: 717–724. doi: 10.1016/j.rvsc.2013.04.013.
- CHO, Y. J., BAE, Y., E. INGLET, G. E. & S. LEE, 2014: *Utilization of tartary buckwheat bran as a source of rutin and its effect on the rheological and antioxidant properties of wheat-based products*. Industrial Crops and Products (Netherlands) 61: 211–216. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.07.003>
- CHO, Y. J. & S. LEE, 2015: *Extraction of rutin from Tartary buckwheat milling fractions and evaluation of its thermal stability in an instant fried noodle system*. Food Chemistry (England) 176: 40–44. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.07.003

- CODA, R., RIZZELLO, C. G., PINTO, D. & M. GOBETTI, 2012: *Selected lactic acid bacteria synthesize antioxidant peptides during sourdough fermentation of cereal flours*. Applied and Environmental Microbiology (United States) 78: 1087–1096. doi: 10.1128/AEM.06837-11.
- COSTANTINI, L., LUKŠIČ, L., MOLINARI, R., KREFT, I., BONAFACCIA, G., MANZI, L. & 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 (England) 165: 232–240. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.05.095
- DE BOER, V.C.J., DIHAL, A.A., VAN DER WOUDE, H., ARTS, I.C.W., WOLFFRAM, S., ALINK, G.M., RIETJENS, I.M., KEIJER, J. & P. C. HOLLMAN, 2005: *Tissue distribution of quercetin in rats and pigs*. Journal of Nutrition (United States) 135: 1718–1725. doi: 10.1093/jn/138.8.1417
- DE VOS, W. M., 2005: *Frontiers in food biotechnology – fermentations and functionality*. Current opinion in Biotechnology (England) 16: 187–189.
- DIWAN, V., BROWN, L. & G. C. GOBE, 2017: *The flavonoid rutin improves kidney and heart structure and function in an adenine-induced rat model of chronic kidney disease*. Journal of Functional Foods (Netherlands) 33: 85–93. doi: 10.1016/j.jff.2017.03.012
- EDEMA, M. O. & A. I. SANNI, 2008: *Functional properties of selected starter cultures for sour maize bread*. Food Microbiology (Netherlands) 25: 616–625. doi: 10.1016/j.fm.2007.12.006.
- FABJAN, N., RODE, J., KOŠIR, I. J., WANG, Z., ZHANG, Z. & I. KREFT, 2003: *Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (United States) 51: 6452–6455. doi: 10.1021/jf034543e
- FALCAO, L. & E. M. ARAUJO, 2014: *Application of ATR-FTIR spectroscopy to the analysis of tannins in historic leathers: the case study of the upholstery from the 19th century Portuguese Royal Train*. Vibrational Spectroscopy (Netherlands) 74: 98–103. doi: 10.1016/j.vibspec.2014.08.001
- FORMICA, J. V. & W. REGELSON, 1995: *Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids*. Food and Chemical Toxicology (England) 33: 1061–1080. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(95\)00077-1](https://doi.org/10.1016/0278-6915(95)00077-1)
- FUJITA, K., INOUE, N., HAGIWARA, S., YANG, Z., KATO, M. & M. HAGIWARA, 2004: *Relationship between antioxidant activity and flour and hull color in Tartary buckwheat*. Fagopyrum (Slovenia) 21: 51–57.
- GABERŠČIK, A., VONČINA, M., TROŠT SEDEJ, T., GERM, M. & 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 (Switzerland) 66: 30–36 doi: 10.1016/S1011-1344(01)00272-X
- GADŽO, D., DJIKIĆ, M., GAVRIĆ, T. & P. ŠTRELJ, 2010: *Comparison of tannin concentration in young plants of common and tartary buckwheat*. Acta agriculturae Slovenica (Slovenia) 95: 75–78.
- GANDHI, A. & G. DEY, 2013: *Fermentation responses and in vitro radical scavenging activities of Fagopyrum esculentum*. International Journal of Food Science and Nutrition (England) 64: 53–57. doi: 10.3109/09637486.2012.710891
- GANESHPURKAR, A. & A. K. SALUJA, 2017: *The pharmacological potential of rutin*. Saudi Pharmaceutical Journal (Saudi Arabia) 25: 149–164. doi: 10.1016/j.jsps.2016.04.025.
- GARCIA MANTRANA, I., MONEDERO, V. & M. HAROS, 2015: *Myo-inositol hexakisphosphate degradation by Bifidobacterium pseudocatenulatum ATCC 27919 improves mineral availability of high fibre rye-wheat sour bread*. Food Chemistry (England) 178: 267–275. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.099.
- GARDI, C., BAUEROVA, K., STRINGA, B., KUNCIROVA, V., SLOVAK, L., PONIST, S., DRAFI, F., BEZAKOVA, L., TEDESCO, I., ACQUAVIVA, A., BILOTTO, S. & G. L. RUSSO, 2015: *Quercetin reduced inflammation and increased antioxidant defense in rat adjuvant arthritis*. Archives of Biochemistry and Biophysics (United States) 583: 150–157. doi: 10.1016/j.abb.2015.08.008.
- GERM M., 2004: *Environmental factors stimulate synthesis of protective substances in buckwheat*, V: Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat, Prague (Czech Republic) 2004: 55–60.
- GLASER, K., 1896: *Zgodovina slovenskega slovstva, II. zvezek III. Vpliv nemškega in češkega slovstva; domači pospeševalji*. Ljubljana, Slovenska matica, (Slovenia) 1317 str. <https://archive.org/details/zgodovinaslovens02glas> (5. okt. 2017).
- GOBETTI, M., RIZZELLO, C.G., DI CAGNO, R. & M. DE ANGELIS, 2014: *How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods*. Food Microbiology (Netherlands) 37: 30–40. doi: 10.1016/j.fm.2013.04.012.
- GODERIS, B., PUTSEYS, A., GOMMES, C.J., BOSMANS, G.M. & J. A. DELCOUR, 2014: *The structure and thermal stability of amylose-lipid complexes: a case study on amylose-glycerol monostearate*. Crystal Growth and Design (United States) 14, 7: 3221–3233. doi: 10.1021/cg4016355
- GRIFFITH, J. O., COUCH, J. F. & M. A. LINDAUER, 1944: *Effect of rutin on increased capillary fragility in man*. Pro-

- ceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine (United States) 55: 228. doi: 10.3181/00379727-55-14532
- GUO, X. D., WU, C. S., MA, Y. J., PARRY, J., XU, Y. Y., LIU, H. & M. WANG, 2012: *Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties*. Food Research International (Canada) 49: 53–59. doi: 10.1016/j.foodres.2012.07.019
- HALEAGRAHARA, N., HERNANDEZA, S. M., ALIM, M. A., HAYES, L., BIRD, G. & N. KETHEESAN, 2017: *Therapeutic effect of quercetin in collagen-induced arthritis*. Biomedicine & Pharmacotherapy (France) 90: 38–46. doi: 10.1016/j.biopha.2017.03.026.
- HOUBEN, A., HOCHSTOTTER, A. & T. BECKER, 2012. *Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview*. European Food Research and Technology (Germany) 235: 195–208. doi: 10.1007/s00217-012-1720-0
- JAMBREC, D., SAKAČ, M., MIPAN, A., MANDIĆ, A. & M. PESTORIĆ, 2015: *Effect of autoclaving and cooking on phenolic compounds in buckwheat-enriched whole wheat tagliatelle*. Journal of Cereal Science (England) 66: 1–9. doi: 10.1016/j.jcs.2015.09.004
- JAVED, H., KHAN, M. M., AHMAD, A., VAIBHAV, K., AHMAD, M. E., ASHAFAQ, M., ISLAM, F., SIDDIQUI, M. S. & M. M. SAFHI, 2012: *Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type*. Neuroscience (United States) 17: 340–352. doi: 10.1016/j.neuroscience.2012.02.046.
- JIMENEZ, F. E. G., BELTRÁN-OROZCO, M. C. & V. M. G. MARTÍNEZ, 2010: *The antioxidant capacity and phenolic content of chia's (Salvia hispanica L.) integral seed and oil*. V: Journal of Biotechnology (Netherlands). Special Abstract. Beltran-Orozco C., Vargas Martínez G. (ur.) 315 str. <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/the-antioxidant-capacity-and-phenolic-content-of-ch-a-s-salvia-hisp-KT11MeJLSa> (5
- JIN, H. M. & P. WEI, 2011: *Anti-fatigue properties of tartary buckwheat extracts in mice*. International Journal of Molecular Science (Switzerland) 12: 4770–4780. doi: 10.3390/ijms12084770.
- JIANG, P., BURCZYNSKI, F., CAMPBELL, C., PIERCE, G., AUSTIA, J. A. & C. J. BRIGGS, 2007: *Rutin and flavonoid content in three buckwheat species Fagopyrum esculentum, F. tataricum and F. homotropicum and their protective effect against lipid peroxidation*. Food Research International (Canada) 40: 356–364. doi: 10.1016/j.foodres.2006.10.009
- JING, R., LI, H. Q., HU, C. L., JIANG, Y. P., QIN, L. P. & C. J. ZHENG, 2016: *Phytochemical and pharmacological profiles of three Fagopyrum buckweats*. International Journal of Molecular Sciences (Switzerland) 17: 589, doi:10.3390/ijms17040589; 20 str. doi: 10.3390/ijms17040589.
- JOHANN, S., MENDES, B. G., MISSAU, F. C., REZENDE, M. A. & M. G. PIZZOLLATI, 2011: *Antifungal activity of five species of Polygala*. Brazilian Journal of Microbiology (Brazil) 42: 1065–1075. doi: 10.1590/S1517-83822011000300027
- JUNG, C. H., LEE, J. Y., CHO, C. H. & C. J. KIM, 2007: *Anti-asthmatic action of quercetin and rutin in conscious guinea-pigs challenged with aerosolized ovalbumin*. Archives of Pharmacal Research (South Korea) 30: 1599–1607. doi: 10.1007/BF02977330
- KHAN, M. M., AHMAD, A., ISHRAT, T., KHUWAYA, G., SRIWASTAWA, P., KHAN, M. B., RAZA, S. S., JAVED, H., VAIBHAV, K., KHAN, A. & F. ISLAM, 2009: *Rutin protects the neural damage induced by transient focal ischemia in rats*. Brain Research (Netherlands) 1292: 123–135. doi: 10.1016/j.brainres.2009.07.026.
- KOČEVAR GLAVAČ, N., STOJILKOVSKI, K., KREFT, S., PARK, C. H. & I. KREFT, 2017: *Determination of fagopyrins, rutin, and quercetin in Tartary buckwheat products*. LWT - Food Science and Technology (England) 79: 423–427 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.068>
- KOCJAN AČKO, D., 2015: *Ajda. V: Poljščine, pridelava in uporaba*. Založba Kmečki glas (Slovenia) 192 str.
- KREFT, I., 1995: *Ajda*. Ljubljana, ČZD Kmečki glas (Slovenia) 112 str.
- KREFT, I., ŠKRABANJA, V. & G. BONAFACCIA, 2000: *Temelji prehranskih in biotskih vplivov antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu, 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za živilstvo (Slovenia) 33–37.
- KREFT, I., 2011a: *Tatarska ajda (Fagopyrum tataricum)*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta (Slovenia) 4 str.
- KREFT, I., 2011b: *Ajda (Fagopyrum esculentum)*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta (Slovenia) 4 str.
- KREFT, S., JANEŽ, D. & I. KREFT, 2013: *The content of fagopyrin and polyphenols in common and tartary buckwheat sprouts*. Acta Pharmaceutica (Croatia) 63: 553–560. doi: 10.2478/acph-2013-0031.
- KREFT, M., 2016: *Buckwheat phenolic metabolites in health and disease*. Nutrition Research Reviews (England) 29: 30–39. doi: 10.1017/S0954422415000190.

- LEE, L. S., CHOI, E. J., KIM, C. H., SUNG, J. M., KIM, Y. B., SEO, D. H., CHOI, H. W., CHOI, Y. S., KUM, J. S. & J. D. PARK, 2016: *Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat*. Journal of Cereal Science (England) 68: 181–186. doi: 10.1016/j.jcs.2015.07.005.
- LI, J., ZHANG, J., WANG, Y., LIANG, X., WUSIMAN, Z., YIN, Y. & Q. SHEN, 2017: *Synergistic inhibition of migration and invasion of breast cancer cells by dual docetaxel/quercetin-loaded nanoparticles via Akt/MMP-9 pathway*. International Journal of Pharmaceutics (Netherlands) 523: 300–309. doi: 10.1016/j.ijpharm.2017.03.040.
- LIN, L. Y., LIU, H. M., YU, Y. W., LIN, S. D. & J. L. MAU, 2009: *Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread*. Food Chemistry (England) 112: 987–991. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.022>
- LIN, J. P., YANG, J. S., LIN, J. J., ALI, K. C., LU, H. F., MA, C. Y., SAI CHUEN WU, R., WU K. C., CHUEN, F. S., GIBSON WOOD W. & J. G. CHUNG, 2012: *Rutin inhibits human leukemia tumor growth in a murine xenograft model in vivo*. Environmental Toxicology (Netherlands) 27: 480–484. doi: 10.1002/tox.20662.
- LIU, C., CAI, D., ZHANG, L., TANG, W., YAN, R., GUO, H. & X. CHEN, 2016: *Identification of hydrolyzable tannins (punicalagin, punicalin and geraniin) as novel inhibitors of hepatitis B virus covalently closed circular DNA*. Antiviral Research (Netherlands) 134: 97–107. doi: 10.1016/j.antiviral.2016.08.026
- LIU, H., LV, M., PENG, Q., SHAN, F. & M. WAN, 2015: *Physicochemical and textural properties of tartary buckwheat starch after heat–moisture treatment at different moisture levels*. Sarch: Biosynthesis, Nutrition, Biomedical (Germany) 67: 276–284. doi: 10.1002/star.201400143
- LIU, C. L., CHEN, Y. S., YANG, J. H. & 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 (United States) 56: 173–178. doi: 10.1021/jf072347s
- LUKŠIČ, L., 2013: *Antioksidativni potencial otrobov pire, navadne in tatarske ajde*. Acta agriculturae Slovenica (Slovenia) 101: 167–177.
- LUKŠIČ, L., BONAFACCIA, G., TIMORACKA, M., VOLLMANNOVA, A., TRČEK, J., KOŽELJ NYAMBE, T., MELINI, V., ACQUISTUCCI, R., GERM, M. & I. KREFT, 2016a: *Rutin and quercetin transformation during preparation of buckwheat sourdough bread*. Journal of Cereal Science (England) 69: 71–76. doi: 10.1016/j.jcs.2016.02.011
- LUKŠIČ, L., ARVAY, J., VOLLMANNOVA, A., TOTH, T., ŠKRABANJA, V., TRČEK, J., GERM, M. & I. KREFT, 2016b: *Hydrothermal treatment of Tartary buckwheat grain hinders the transformation of rutin to quercetin*. Journal of Cereal Science (England) 72: 131–134. doi: 10.1016/j.jcs.2016.10.009
- LUTHAR, Z., 1992: *Tanini v semenih navadne in tatarske ajde (Fagopyrum esculentum Moench in F. tataricum Gaertn.)*. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Slovenia) 59: 55–62
- LUTHAR, Z. & I. KREFT, 1999: *Influence of temperature on tannin content in different ripening phases of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) seeds*. Fagopyrum (Slovenia) 16: 61–65.
- MACHADO, D. G., BETTIO, L. E., CUNHA, M. P., SANTOS, A. R., PIZZOLATTI, M. G., BRIGHENTE, I. M. & A. L. RODRIGUES, 2008: *Antidepressant-like effect of rutin isolated from the ethanolic extract from Schinus molle L. in mice: evidence for the involvement of the serotonergic and noradrenergic systems*. European Journal of Pharmacology (Netherlands) 587: 163–168. doi: 10.1016/j.ejphar.2008.03.021.
- MARKLINDER, I., JOHANSSON, L., HAGLUND, A., NAGEL-HELD, B. & W. SEIBELB, 1996: *Effects of flour from different barley varieties on barley sourdough bread*. Food Quality and Preference (England) 7: 275–284. doi: 10.1016/S0950-3293(96)00033-X
- MASURE, H. G., FIERENS, E. & J. A. DELCOUR, 2016: *Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research*. Journal of Cereal Science (England) 67: 92–111. doi: 10.1016/j.jcs.2015.09.009
- MORAND, C., MANACH, C., CRESPI, V. & C. REMESY, 2000: *Respective bioavailability of quercetin aglycone and its glycosides in a rat model*. Biofactors (Netherlands) 12:169–174. doi: 10.1002/biof.5520120127
- MORISHITA, T., YAMAGUCHI, H. & K. DEGI, 2007: *The contribution of polyphenols to antioxidative activity in common buckwheat and tartary buckwheat grain*. Plant Production Science (Japan) 10: 99–104. doi: 10.1626/ppls.10.99
- NAM, T. G., LEE, S. M., PARK, J. H., KIM, D. O., BAEK, N. & S. H. EOM, 2015: *Flavonoid analysis of buckwheat sprouts*. Food Chemistry (England) 170: 97–101. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.067.
- NASSER, Z., AHMAD, E., EPIKMEN, E. T., UCAN, U., BOYACIOGLU, M. & M. AKOSY, 2017: *Quercetin supplemented diet improves follicular development, oocyte quality, and reduces ovarian apoptosis in rabbits during summer heat stress*. Theriogenology (United States) 96:136–141.
- NIONELLI, L. C. G. RIZZELLO, 2016: *Sourdough based biotechnologies for the production of gluten-free foods*. Foods, 5, (3), 65; doi:10.3390/foods5030065: 14 str.

- NOVOTNI, D., CUKELJ, N., SMERDEL, B., BITUH, M., DUJMIC, F. & D. DUSKA CURIC, 2012: *Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough*. Journal of Cereal Science (England) 55:120–125. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.03.029.
- OOMAH, D. & G. MAZZA, 1996: *Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat*. Journal of Agricultural and Food Chemistry (United States) 44: 1746–1750. doi: 10.1021/jf9508357
- OSTRAKHOVITCH, E. A. & I. B. AFANASEV, 2001: *Oxidative stress in rheumatoid arthritis leukocytes: suppression by rutin and other antioxidants and chelators*. Biochemical Pharmacology (England) 62: 743–746. [https://doi.org/10.1016/S0006-2952\(01\)00707-9](https://doi.org/10.1016/S0006-2952(01)00707-9)
- PETEL, C., ONNO B. & C. PROST, 2017: *Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review*. Trends in Food Science & Technology (England) 59: 105–123. doi: 10.1016/j.tifs.2016.10.015
- PFEUFFER, M., AUINGER, A., BLEY, U., KRAUS STIJANOWIC, I., LAUE C., WINKLER, P., RUFER, C. E., FRANK, J., BÖSCH SAADATMANDI, C., RIMBACH G. & J. SCHREZENMEIR, 2013: *Effect of quercetin on traits of the metabolic syndrome, endothelial function and inflammation in men with different APOE isoforms*. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases (Netherlands) 23: 403–409. doi: 10.1016/j.numecd.2011.08.010
- PORRAS LOAIZA, P., JIMÉNEZ MUNGUÍA, M. T., SOSA MORALES, M. E., PALOU, E. & A. LÓPEZ MALO, 2013: *Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (Salvia hispanica L.) seeds*. International Journal of Food Science and Technology (England) 49: 1–7. doi: 10.1111/ijfs.12339
- POUDYAL, H., PANCHAL, S. K., WAANDERS, J., WARD, L. & L. BROWN, 2012: *Lipid redistribution by  $\alpha$ -linolenic acid-rich chia seed inhibits stearyl-CoA desaturase-1 and induces cardiac and hepatic protection in diet-induced obese rats*. Journal of Nutritional Biochemistry (United States) 23, 153–162. doi: 10.1016/j.jnutbio.2010.11.011
- PRAVST, I., 2012: *Functional Foods in Europe: A Focus on Health Claims, Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry*. Dr. Benjamin Valdez (Ed.), InTech, doi: 10.5772/31057. Available from: <https://www.intechopen.com/books/scientific-health-and-social-aspects-of-the-food-industry/functional-foods-in-europe-a-focus-on-health-claims>
- QIN, P., WANG, Q., SHAN, F., HOU, Z. & G. REN, 2010: *Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars*. International Journal of Food Science and Technology (England) 45: 951–958. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02231.x
- QIN, W. & C. LUN, 1992: *The clinical observation of buckwheat for the treatment of diabetes*. Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism (China) 8: 52–53.
- RENDIG, S. V., SYMONS, J. D., LONGHURST, J. C. & E. A. AMSTERDAM, 2001: *Effects of red wine, alcohol, and quercetin on coronary resistance and conductance arteries*. Journal of Cardiovascular Pharmacology (United States) 38: 219–27. doi: 10.1097/00005344-200108000-00007
- RINALDI, M., PACIULLI, M., CALIGIANI, A., SCAZZINA, F. & E. CHIAVARO, 2017: *Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelflife Evaluation*. Food Chemistry (England) 224: 144–152. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.055
- RIZZELLO, C.G., LORUSSO, A., MONTEMURRO, M. & M. GOBETTI, 2016: *Use of sourdough made with quinoa (Chenopodium quinoa) flour and autochthonous selected lactic acid bacteria for enhancing the nutritional, textural and sensory features of white bread*. Food Microbiology (Netherlands) 56: 1–13. doi: 10.1016/j.fm.2015.11.018
- ROZYLO, R., RUDY, S., KRZYKOWSKI, A., DZIKI, D., GAWLIK DZIKI, U., ROZYLO, K. & S. SKONECKI, 2014: *Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality*. International Journal of Food Science and Technology (England) 50: 313–322. doi: 10.1111/ijfs.12622
- RUNECKLES, V.C. & S. V. KRUPA, 1994: *The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation*. Environment Pollution (England) 83: 191–213. doi: 10.1016/0269-7491(94)90035-3
- RYNO, L.M., LEVINE, Y. & P. M. IOVINE, 2014: *Synthesis, characterization, and comparative analysis of amylose-guest complexes prepared by microwave irradiation*. Carbohydrate Research (Netherlands) 383: 82–88. doi: 10.1016/j.carres.2013.11.010
- SADAR, V., 1949: *Naše žito*. Ljubljana, Založba Kmečki glas (Slovenia) 243 str.
- SAKAČ, M., TORBICA, A., SEDEJ, I. & M. HADNAĐEV, 2011: *Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours*. Food Research International (Canada) 44: 2806–2813. doi: 10.1016/j.foodres.2011.06.026
- SAKAČ, M. B., SEDEJ, I. J., MANDIČ, A. I. & A. C. MISAN, 2015: *Antioksidativna svojstva brasna od heljde-doprinos funkcionalnosti pekarskih, testeninarskih i brasneno-konditorskih proizvoda*. Hemijska Industrija (Serbia) 69: 469–483.

- SANTOS, C., VARGAS, A., FRONZA, N. & J. H. Z. SANTOS, 2017: *Structural, textural and morphological characteristics of tannins from Acacia mearnsii encapsulated using sol-gel methods: Applications as antimicrobial agents. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* (England) 151: 26–33. doi: 10.1016/j.colsurfb.2016.11.041
- SARGI, S. C., SILVA, B. C., SANTOS, H. M. C., MONTANHER, P. F., BOEING, J. S., JÚNIOR, O. O. S., EVELAZIO DOUZA, N. & J. VERGILIO VISENRAINER, 2013: *Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: Chia, flax, and perilla. Food Science and Technology* (England) 33: 541–548. doi: 10.1590/S0101-20612013005000057
- SELVARAJ, G., KALIAMURTHI, S., THIRUNGNASAMBANDAM, R., VIVEKANANDAN, L. & T. BALASUBRAMANIAN, 2014: *Anti-nociceptive effect in mice of thillai flavonoid rutin. Biomedical and Environmental Sciences (Netherlands)* 27: 295–299. doi: 10.3967
- SENSOY, I., ROSEN, R. T., HO, C. T. & V. M. KARWE, 2006: *Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. Food Chemistry* (England) 99: 388–393. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.08.007
- SHAHIDI, F., 2009: *Nutraceuticals and functional foods: whole versus processed foods. Trends in Food Science and Technology* (England) 20: 376–387. doi: 10.1016/j.tifs.2008.08.004
- SIKDER, K., KESH, S.B., DAS, N., MANNA, K. & S. DEY, 2014: *The high antioxidative power of quercetin (aglycone flavonoid) and its glycone (rutin) avert high cholesterol diet induced hepatotoxicity and inflammation in Swiss albino mice. Food and Function* (England) 5: 1294–1303. doi: 10.1039/C3FO60526D
- SINGH, S., SUMIT, J., PUNNET, K. & M. PHARM, 2017: *Neuroprotective potential of Quercetin in combination with piperine against 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-induced neurotoxicity. Neural Regeneration Research* (England) 12: 1137–1144. doi: 10.4103/1673-5374.211194
- SKRABANJA, V., LAERKE, H.N. & I. KREFT, 2000: *Protein-polyphenol interactions and in vivo digestibility of buckwheat goat proteins. European Journal of Physiology* (Germany) 440: 129–131. doi: 10.1007/s004240000033
- SKRABANJA, V., ELMSTAHL, H. G. M. L., KREFT, I. & I. M. E. BJÖRCK, 2001: *Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in vitro and in vivo. Journal of Agricultural and Food Chemistry* (United States) 49: 490–496. doi: 10.1021/jf000779w
- SU, X., LIU, X., WANG, S., LI, B., PAN, T., LIU, D., WANG, F., DIAO, Y. & K. LI, 2016: *Wound-healing promoting effect of total tannins from Entada phaseoloides (L.) Merr. in rats. Burns* (Netherlands) 43: 830–838. doi: 10.1016/j.burns.2016.10.010
- STEADMAN, K. J., BURGOON, M. S., LEWIS, B. A., EDWARDSON, S. E. & R. L. OBENDORF, 2001: *Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. Journal of the Science of Food and Agriculture* (England) 81: 1094–1100. doi: 10.1002/jsfa.914
- SUZUKI, T., HONDA, Y., FUNATSUKI, W. & K. NAKATSUKA, 2002: *Purification and characterization of flavonol 3-glucosidase, and its activity during ripening in tartary buckwheat seeds. Plant Science* (United States) 163: 417–423. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00158-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00158-9)
- SUZUKI, T., MORISHITA, T., TAKIGAWA, S., NODA, T. & K. ISHIGURO, 2015: *Characterization of rutin-rich bread made with ‚Manten-Kirari‘, a trace-rutinosidase variety of Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum Gaertn.). Food Science and Technology Research* (England) 21, 5: 733–738. doi: 10.3136/fstr.21.733
- TAKAHAMA, U., TANAKA, M. & S. HIROTA, 2011: *Buckwheat flour and bread. V: Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. London* (England) Elsevier: 141–151.
- TORBICA, A., HADNAĐEV, M. & T. DAPČEVIĆ, 2010: *Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. Food Hydrocolloids* (United States) 24: 626–632. doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.004
- TUFVÉSSON, F., SKRABANJA, V., BJÖRCK, I., LILJEBERG ELMSTAHL, H. & A. C. ELIASSON, 2001: *Digestibility of starch systems containing amylose glycerol monopalmitin complexes. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* (England) 34: 131–139. doi: 10.1006/fstl.2000.0727
- UA ARAK, T., JAKOB, F. & R. F. VOGEL, 2017: *Influence of levan-producing acetic acid bacteria on buckwheat-sourdough breads. Food Microbiology* (Netherlands) 65: 95–104. doi: 10.1016/j.fm.2017.02.002.
- USHIDA, Y., MATSUI, T., TANAKA, M., MATSUMOTO, K., HOSOYAMABA, H., MITOMI, A., SAGESAKA, Y. & T. KAKUDA, 2008: *Endothelium-dependent vasorelaxation effect of rutin-free tartary buckwheat extract in isolated rat thoracic aorta. Journal of Nutritional Biochemistry* (United States) 19: 700–707. doi: 10.1016/j.jnutbio.2007.09.005
- VOGRINČIČ, M., TIMORACKA, M., MELICHACOVA, S., VOLLMANNOVA, A. & I. KREFT, 2010: *Degradation of rutin and polyphenols during the preparation of tartary buckwheat bread. Journal of Agricultural and Food Chemistry* (United States) 58: 4883–4887. doi: 10.1021/jf9045733

- VOGRINČIČ, M., KREFT, I., FILIPIČ, M. & B. ŽEGURA, 2012: *Antigenotoxic effect of Tartary (*Fagopyrum tataricum*) and common (*Fagopyrum esculentum*) buckwheat flour*. Journal of Medicinal Food (United States) 16: 944–952. doi: 10.1089/jmf.2012.0266.
- VOMBERGAR, B., KREFT, I., HORVAT, M. & S. VORIH, 2014: *Ajda=Buckwheat*. Ljubljana, Založba kmečki glas (Slovenia) 131 str.
- WANG, Y., ZHAO, L., WANG, C., HU, J., GUO, X., ZHANG, D., WU, W., ZHOU, F. & B. JI, 2017: *Protective effect of quercetin and chlorogenic acid, two polyphenols widely present in edible plant varieties, on visible light-induced retinal degeneration in vivo*. Journal of Functional Foods (Netherlands) 33: 103–111. doi: 10.1016/j.jff.2017.02.034
- WEISER, H., VERMEULEN, N., GAERTNER, F. & R. F. VOGEL, 2008: *Effects of different Lactobacillus and Enterococcus strains and chemical acidification regarding degradation of gluten proteins during sourdough fermentation*. European Food Research and Technology (Germany) 226: 1495–1502. doi: 10.1007/s00217-007-0681-1
- WIESLANDER, G., FABJAN, N., VOGRINČIČ, M., KREFT, I., JANSON, C., SPETZ NYSTROM, U., VOMBERGAR, B., TAGESSON, C., LEANDERSON, P. D. NORBACK, 2011: *Eating 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 (Japan) 225: 123–130. doi: 10.1620/tjem.225.123
- WIESLANDER, G., FABJAN, N., VOGRINČIČ, M., KREFT, I., VOMBERGAR, B. & D. NORBACK, 2012: *Effects of common and Tartary buckwheat consumption on mucosal symptoms, headache and tiredness: A double-blind crossover intervention study*. Journal of Food, Agriculture & Environment (Finland) 10: 107–110.
- WRONKOWSKA, M., ZIELINSKA, D., SZWARA NOWAK, D., TROSZYŃKA, A. & M. SORAL SMIETANA, 2010: *Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat enhanced gluten-free bread*. International Journal of Food Science and Technology (England) 45: 1993–2000. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02375.x
- YANG, D., YU, X., WU, Y., CHEN, X., WEI, H., SHAH, N. P. & F. FENG XU, 2016: *Enhancing flora balance in the gastrointestinal tract of mice by lactic acid bacteria from Chinese sourdough and enzyme activities indicative of metabolism of protein, fat, and carbohydrate by the flora*. Journal of Dairy Science (England) 99: 7809–7820. doi: 10.3168/jds.2016-11467
- YASUDA, T. & H. NAKAGAWA, 1994: *Purification and characterization of rutin-degrading enzymes in tartary buckwheat seeds*. Phytochemistry (Netherlands) 37: 133–136. doi: 10.1016/0031-9422(94)85012-7
- ZARIN, A., WAN, H.Y., ISHA, A. & N. ARMANIA, 2016: *Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic potential of condensed tannins from Leucaena leucocephala hybrid-Rendang*. Food Science and Human Wellness (England) 5: 65–75. doi: 10.1016/j.fshw.2016.02.001
- ZHANG, M., CHEN, H., LI, J., PEI, Y. & Y. LIANG, 2010: *Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods*. Food Science and Technology (England) 43: 181–185. doi: 10.1016/j.lwt.2009.06.020
- ZHENG, C. J., HU C. L., MA, X. O., PENG, C. ZHANG, H. & L. P. QIN, 2012: *Cytotoxic phenylpropanoid glycosides from Fagopyrum tataricum (L.) gaertn*. Food Chemistry (England) 132: 433–438. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.017
- ZHENG, Y., ZHAO, Z., FAN, L., MENG, S., SONG, C., QIU, L., XU, P. & J. CHEN, 2017: *Dietary supplementation with rutin has pro-/anti-inflammatory effects in the liver of juvenile GIFT tilapia, Oreochromis niloticus*. Fish & Shellfish Immunology (England) 64: 49–55. doi: 10.1016/j.fsi.2017.03.014
- ZHOU, M., KREFT, I., WOO, S. H., CHRUNGOO, N. & G. WIESLANDER, 2016: *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*. London (England), Elsevier 482 str. doi: 10.1016/C2015-0-00352-5





*Slika 1: Kruh s kislim testom iz moke tatarske ajde in oljne kadulje (LUKŠIČ 2014)*  
*Picture 1: Sour bread made with Tartary buckwheat and chia (LUKŠIČ 2014)*



*Slika 2: Kruh s kislim testom iz moke navadne ajde (LUKŠIČ 2014)*  
*Picture 2: Common buckwheat sour bread (LUKŠIČ 2014)*



*Slika 3: Kruh s kislim testom iz moke tatarske ajde (LUKŠIČ 2014)*  
*Picture 3: Tartary buckwheat sour bread (LUKŠIČ 2014)*