

3

**Хељда (*Fagopyrum esculentum* Moench) – биљна
врста високог нутритивног и нутрицеутског потенцијала**

Ново Пржуљ, Ана Велимировић, Зоран Јововић



UDK 641.5:[664.788:633.12
DOI 10.7251/PRB2504067P

Цитирање: Пржуљ Н, Велимировић А, Јововић З (2025) Хељда (*Fagopyrum esculentum* Monch) – биљка високог нутритивног и нутрицеутског потенцијала. У: Пржуљ Н, Грујић Р (уредници) Нутрицеутске гајене биљке. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LXV:67–101

Cite as: Pržulj N, Velimirović A, Jovović Z (2025) Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) – A Plant Species with High Nutritional and Nutraceutical Potential. In: Pržulj N, Grujić R (eds) Nutraceutical cultivated plants. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LXV:67–101

Сажетак. Хељда (*Fagopyrum esculentum* Monch) сврстава се у групу псеудожита због сличности у употреби и хемијском саставу са конвенционалним житима. Двије врсте хељде – обична (*F. esculentum*) и татарска (*F. tataricum*) користе се за исхрану људи, а дивља врста *F. cymosum* користи се као сточна храна и у фармацеутској индустрији за производњу лијекова. Хељда у свом зрну садржи разне хранљиве материје – протеине, полисахариде, дијетална влакна, липиде, рутин, полифеноле, минерале и витамине. Хељдина крупица од ољуштеног зрна садржи око 55% скроба, 12% протеина, 7% укупних дијеталних влакана, 4% липида, 2% растворљивих угљених хидрата и 18% других компоненти као што су органске киселине, фенолна једињења, танини, фосфорилувани шећери, нуклеотиди и нуклеинске киселине. Скроб хељде састоји се од око 25% амилозе и 75% амилопектина. Због добро избалансираног састава аминокиселина, протеини хељде имају високу биолошку вриједност, а главни недостатак хељде је њена ниска сварљивост протеина. Хељда не садржи глутен, због чега је њено брашно погодно за исхрану особа које пате од целијакије. Хељдине мекиње богат су извор дијеталних влакана. Главне масне киселине код обичне хељде су палмитинска, олеинска, линолна, стеаринска, линоленска, арахидна, бехенска и лигноцерична. У поређењу са другим житима, хељда садржи већи ниво витамина В1, В2, В3 и Е.

Хељдине мекиње које садрже љуске имају око 40% влакана, од којих је 25% растворљивих, док мекиње без љуске садрже око 16% влакана, од којих је 75% растворљивих. Примарни антиоксиданси у хељди су кондензовани катехини, фенолне киселине, рутин, кверцетин и хиперин. Разне биолошке функције, као што су антимутагеност, антиканцерогеност и антиејџинг резултат су антиоксидативне активности одређених једињења. У зрну и љусци хељде налазе се флавоноиди и флаволи, фенолне киселине, кондензовани танини, фитостероли, фагопирини, резистентни скроб, дијетална влакна, лигнани, биљни стероли, витамини и минерали, који имају специфичне биолошке активности. Зрно хељде садржи 2–5 пута више фенолних једињења него зрно овса или јечма, а хељдине мекиње и ољуштена зрна имају 2–7 пута већу антиоксидативну активност од наведених жита.

Протеини хељде имају највећу ефикасност у снижавању холестерола од свих биљних протеина. Дијетална влакна дају осјећај ситости и помажу у губитку масе и могу ублажити развој рака дебелог цријева. Растворљива влакна смањују ниво холестерола у крви, ризик од исхемијске болести срца и постпрандијалну гликемију. Флавоноиди су познати по својој ефикасности у смањењу нивоа холестерола у крви, одржавању капилара и

артерија јаким и флексибилним, смањењу високог крвног притиска и смањењу ризика од атеросклерозе. Рутин има антиоксидативно, антиинфламаторно и антиканцерогено дјеловање и повољно утиче на повећање еластичности крвних судова, лијечење поремећаја циркулације и атеросклерозе, смањење крвног притиска, пружа заштиту од лезије желуца, снижава холестерол у плазми, штити од оксидативног стреса. Фагопирина који се налазе у хељди могу се користити у лијечење дијабетеса типа 2. Препоручује се додавање хељдиног брашна пекарским и кондиторским производима од осталих врста жита, како би се повећао нутритивни потенцијал намирница, а тиме побољшао и здравствени статус становништва.

У овом раду сумирани су доступни подаци о важним аспектима који се односе на функционални потенцијал хељде, са акцентом на њен значај као потенцијалне функционалне хране и биљке са нутрацеутским особинама.

Кључне ријечи: поријекло, хемијски састав, нутрацеутске особине, дијетална влакна, резистентни скроб, антиоксиданси, флавоноиди, рутин, фагопирина, фагопиритол, алергије

3.1. Увод

Назив хељда (*Fagopyrum esculentum* Monch) потиче од англосаксонских ријечи *boc* (*beech* – буква) и *whoet* (*wheat* – пшеница), јер њено зрно подсјећа на сјеме букве (Edwardson 1995). Сврстава се у групу псеудожита због сличности у употреби и хемијском саставу са конвенционалним житима (Campbell 1997). Зрно хељде представљало је важну намирницу у исхрани људи у периоду XVII–XIX вијека, али је ширењем пшенице током XX вијека хељда скоро нестала из производње (Cawoy и сар. 2008).

Под појмом псеудожита подразумевају се групе биљака које производе зрно богато скробом, које се може користити у прехранбеној примјени слично као зрна жита. Најпознатији представници псеудожита су хељда, штир обични, киноа и канихуа, која је мање позната. Сва ова псеудожита имају добар нутритивни састав, са високим концентрацијама есенцијалних аминокиселина, есенцијалних масних киселина, минерала и неких витамина. Грануле скроба код псеудожита су међу најситнијим, а скроб се одликује ниским садржајем амилозе (осим хељде). Настале разлике у особинама скроба псеудожита, као и разлике у морфологији зрна, одређују њихове функционалне особине. Псеудожита показују висок вискозитет, способност

везивања воде, способност бубрења и добру стабилност смрзавања–одмрзавања. Поред тога, она су без глутена. Традиционални процеси коришћења псеудожита у исхрани укључују кување, печење, печење и ферментацију, који се користе у производњи кашица, супа, варива и слатких десерта. Пекарски производи и тјестенине производе се или од мјешавина брашна псеудожита и жита, са главним циљем да се повећају нутритивне особине финалног производа, или се праве од 100% брашна псеудожита за тржиште безглутенске хране, што је један од главних покретача повећане употребе псеудожита. Због присуства антинутритивних једињења (фитати и сапонини) и/или супстанци које дају горак укус зрну, коришћење псеудожита је смањено и захтијева специфичну прераду прије коришћења (Pirzadah и Malik 2020; Bender и Schönlechner 2021; Nandan и сар. 2024; Poshadri и сар. 2024).

Обична хељда се почела гајити у унутрашњости југоисточне Азије, вјероватно око 6000 година п. н. е., а одатле се проширила у Централну Азију и Тибет, а затим на Блиски исток и у Европу, до које је стигла до XV вијека (Hunt и сар. 2017). Доместификација се највјероватније догодила у западном региону области Јунан у Кини.

Хељда се одликује високом адаптабилношћу, што омогућава њено гајење и на маргиналним земљиштима и у мање повољним климатским условима (Bogdanović и Pržulj 1984; Li и Zhang 2001; Jovović и сар. 2020; Јањић и Пржуљ 2020; Pržulj и Momčilović 2003). Татарска и обична хељда одликују се различитом динамиком раста и развика – татарска хељда је толерантнија на мраз и генерално узгаја се на вишим, док се обична хељда гаји на нижим надморским висинама. У многим областима постоји тренд замјене обичне хељде, која има ниже приносе и слабу отпорност на ниске температуре, са просом или другим усјевима (Campbell 1997).

Хељда је дикотиледона врста и припада породици *Polygonaceae*. Код сјетве у влажно и топло земљиште сјеме клија за 3–4 дана. Има добро развијен вретенаст коријен добре усисне снаге, у земљиште продире до 120 cm. Стабло је разгранато, шупље, висине 0,5–3 метра, а сазријевањем добија црвенкасту боју. Листови су срцолики, а сјеме је смеђе боје, неправилног облика и има четири троугласте површине (Сл. 3.1). Маса 1.000 зрна износи 20–30 грама, а хектолитарска маса 55–65 kg. Зрно је покривено љуском браон до црне боје, док је зрно без љуске бијеле до свијетлозелене боје. Боја и тврдоћа љуске су сортне особине хељде (Roy и сар. 2019).

Бијели цвјетови скупљени су на цвјетним гранчицама које расту из пупољака у пазуху листова (Сл. 3.1). Хељду карактерише и неуједначено цвјетање, као и неуједначено сазријевање плодова, тако да на једној биљци може доћи до појаве да се истовремено налазе незрели плодови, тек приметни плодови,

и тек процвјетали цвјетови. Вегетациони период хељде је кратак и креће се од 90 до 120 дана, што је сврстава у групу биљака које се могу гајити као пострни усјев, или у условима гдје је вегетацијска сезона кратка. Цвјетање траје дуго, око 30 дана. Након оплодње сјеме достиже пуну величину у року од 10 дана, а пуну зрелост након 2–3 недјеље. Жетва почиње када је већина плодова зрела, а да се зрно ипак не осипа. Жетва се обавља житним комбајнима који се за то посебно подесе. Након жетве сјеме се суши на мање од 14% влаге. Очекивани приноси требало би да буду већи од 2 t/ha, а у пострној сјетви 1,5–2 t/ha. Од 100 kg сјемена хељде добије се око 65 kg брашна, око 15 kg мекиња и око 20 kg љуске.



Сл. 3.1. Биљке, зрно и брашно хељде (Доступно на: <https://eorganic.org/node/467>, приступљено: 19. марта 2025)

Fig. 3.1. Buckwheat plants, grains and flour (Available on: <https://eorganic.org/node/467>, accessed: 19. March 2025)

Хељда, као алтернативно жито, веома је погодна за гајење у органском или еколошком систему, јер је захвална за заштиту обрадивог земљишта од корова, болести и штеточина (Bogdanović и Pržulj 1984; Pržulj и сар. 2012; Пржуљ и Јововић 2020; Pržulj и сар. 2020). Добро је препозната као потенцијална функционална храна у неким земљама, као што су Кина, Јапан и Тајван. Због јаког хабитуса и великих листова, у густом склопу, хељда врло брзо склопи редове, а велики листови праве доста засјене која онемогућава раст корова, те их тако загушје (Ye и Guo 1992; Ohnishi и Matsuoka 1996; Campbell 1997).

У овом раду изнијети су доступни подаци о важним аспектима који се односе на функционални потенцијал хељде, са акцентом на њен значај као потенцијалне функционалне хране и биљке са нутрацеутским особинама.

3.2. Производња хељде у свијету

У односу на водеће гајене биљке, површине под хељдом у свијету су мале. Историјски гледано, укупна производња хељде била је највећа 1992. године и износила је 4.975.234 тона, а најмања 2010. године, са 1.454.590 тона. Посљедњих година свјетске површине под хељдом су нешто изнад 2 милиона хектара, а укупна производња око 2–2,3 милиона тона, са просјечним приносом од око 1 t/ha.

Русија је највећи произвођач хељде на свијету у 2024. години, са преко 712.000 хектара засијаних овом биљком и производњом од око 700.000 тона зрна (Таб. 3.1). Ова производња чини Русију лидером на глобалном тржишту хељде, снабдијевајући како домаће, тако и међународно тржиште. Кина је на другом мјесту са 661.764 тона, а Украјина је сљедећа, са производњом од 167.440 тона.

Таб. 3.1. Десет највећих свјетских произвођача хељде у 2024. (Adda247 2025)
 Table 3.1. Top-10 Largest Buckwheat Producing Countries in the World 2024
 (Adda247 2025)

Ранг	Земља	Производња (тона)
1.	Русија	700.000
2.	Кина	661.764
3.	Украјина	167.440
4.	Француска	111.300
5.	Пољска	83.499
6.	САД	86.000
7.	Бразил	64.000
8.	Казахстан	46.500
9.	Литванија	35.600
10.	Јапан	31.100

3.3. Систематика хељде

По броју откривених врста *Fagopyrum* (*Polygonaceae*) мали је род, и састоји се од мање од 30 врста (Jin и сар. 2018). Већина дивљих врста заузима усака подручја дистрибуције у јужној Азији, углавном на југоисточној ивици Ћингхаи-тибетанске висоравни (Ohnishi 1998a). У свијету само девет врста хељде има пољопривредни и нутритивни значај, док се гаји велики број њихових сорти (Krkoskova и Mrazova 2005). Од ових девет врста, двије врсте – обична (*F. esculentum*; *Common buckwheat*) и татарска (*F. tataricum*; *Tatary buckwheat*) користе се за исхрану људи, а дивља врста *F. cimosum* користи се

као сточна храна и у фармацеутској индустрији за производњу лијекова (Wang и сар. 2005). *F. esculentum* ssp. *ancestrale* сматра се дивљим претком доместификоване хељде *F. esculentum* ssp. *esculentum* (Ohnishi 1998a, 1998b). AFLP анализа је открила да је популација дивље обичне хељде, распрострањене у источном Тибету, најближа доместификованим облицима (Konishi и сар. 2005), што указује да се обична хељда почела гајити у подручју од источног Тибета до западног Сечуана. Гајена татарска хељда заузимала је исто подручје као и обична хељда (Tsuji и Ohnishi 2000, 2001).

3.4. Нутритивне особине хељде

Данас у прехранбеној и фармацеутској индустрији постоји интересовање за производњу функционалне хране и нутрицеутских препарата на бази хељде (He и сар. 1995), који, осим базичне намјене – исхране, имају потенцијално позитиван утицај на људско здравље (Li и Zhang 2001; Bonafaccia и сар. 2003a, б).

3.4.1. Хемијски састав зрна и брашна хељде

Хељда у свом зрну садржи разне хранљиве материје – протеине, полисахариде, дијетална влакна, липиде, рутин, полифеноле и микрохранљиве материје – минерале и витамине (Kim и сар. 2004; Qin и сар. 2010). Укупан садржај ових материја зависи од различитих фактора, као што су врста и сорта хељде и агроеколошки услови гајења (Barta и сар. 2004; Kim и сар. 2010). Хељдина крупица од ољуштеног зрна садржи око 55% скроба, 12% протеина, 7% укупних дијеталних влакана (*Dietary fiber*, DF), 4% липида, 2% растворљивих угљених хидрата и 18% других компоненти, као што су органске киселине, фенолна једињења, танини, фосфорилувани шећери, нуклеотиди и нуклеинске киселине (Im и сар. 2003; Bonafaccia и сар. 2003b). Детаљан састав хељдиног брашна у поређењу са пшеничним брашном представљен је у Таб. 3.2.

Хељдино брашно се углавном добија из ендосперма зрна, који се састоји од 70–75% скроба, 6–10% протеина, 2–24% дијеталних влакана, 1–3% липида и 13% осталих компоненти, док се мекиње, са мало ендосперма, састоје од 36% протеина, 18% скроба, 15% дијеталних влакана, 11% липида, 6% растворљивих угљених хидрата и 7% осталих компоненти (Bonafaccia и сар. 2003a; Skrabanja и сар. 2004; Alvarez-Jubete и сар. 2009; Lin и сар. 2009; Qin и сар. 2010). Хељдине мекиње су богат извор дијеталних влакана, а мекиње са фрагментима љуске садрже 40% СМ, од чега су 25% растворљива СМ, док

мекиње без фрагмената љуске садрже 16% СМ, од чега је 75% растворљиво. Фракције мекиња садрже највише протеина од свих фракција мљевања (Таб. 3.3) (Steadman и сар. 2001б; Krkoskova и Mrazova 2005).

Таб. 3.2. Приближни садржај (mg/g СМ^а) брашна хељде, пшенице и киное (Ogungbenle 2003; Lin и сар. 2009; Qin и сар. 2010)

Table 3.2. Proximate composition (mg/g DW) of buckwheat flour, wheat flour and quinoa flour (Ogungbenle 2003; Lin et al. 2009; Qin et al. 2010)

Једињења	Брашно од ољуштеног зрна хељде	Брашно од неољушт. зрна хељде	Брашно татарске хељде	Брашно обичне хељде	Брашно пшенице	Брашно киное
Угљ. хидрати	616	770	702	737	835	583
Сирови пепео	17	16	22	22	12	12
Сирове масти	22	22	28	28	26	63
Сирова влакна	238	103	26	23	20	95
Сирови прот.	107	90	105	103	106	135

^а СМ – сува материја

Таб. 3.3. Поређење састава хељдиног брашна (mg/g СМ) са другим често коришћеним житима и псеудожитима (Bonafaccia и Fabjan 2003; Czerwiniski и сар. 2004; Vega-Gálvez и сар. 2010)

Table 3.3. Comparison of buckwheat flour composition (m/g DW) with other commonly used cereals and pseudo-cereals (Bonafaccia and Fabjan 2003; Czerwiniski et al. 2004; Vega-Gálvez et al. 2010)

Жито и псеудожито	Протеини	Пепео	Масти	Раствор. vlakна	Нераствор. vlakна	Укупна vlakна
Пшеница	115	17	10	10	15	24
Обична хељда	110	26	34	12	53	65
Тартарска хељда	103	18	25	5	58	63
Овас	126	18	71	33	49	82
Раж	117	15	18	36	100	136
Киноа	165	38	61	43	96	139
Амарант	139	21	73	63	82	145

Влакна хељде не садрже фитинску киселину, главни антинутритивни фактор у обичној пшеници (Steadman и сар. 2001а). Концентрација растворљивих дијеталних влакана (7,7–9,2%) у хељдиним мекињама већа је у поређењу са пшеничним мекињама (4,3%) и чак овсеним мекињама (7,2%). У некуваној хељдиној крупици, скроб отпоран на варење обухвата 30,3–38,0% од укупног скроба, али након кувања садржај резистентног скроба износи 7–10%

(Skrabanja и Kreft 1998; Steadman et al. 20016). Растворљиви угљени хидрати концентрисани су у ембриону и мекињама, а мање у ендосперму. Пошто је скроб концентрисан у централном ендосперму, брашно свијетле боје, гриз и цијела крупица се углавном састоје од овог скроба (Steadman и сар. 20016).

3.4.2. Састав масних киселина у хељди

Зрно обичне хељде садрже 1,5–3,7% укупних липида (Campbell 1997), од којих је највећа концентрација у ембриону (7–14,0%), а најнижа у љусци (0,4–0,9%). Крупица или ољуштено зрно хељда садрже 2,1–2,6% укупних липида, од којих је 81–85% неутралних липида, 8–11% фосфолипида, а 3–5,5% гликолипида (Campbell 1997). Поређења ради, од укупних масти пшеница и раж садрже око 35% неутралних липида. Главне масне киселине код обичне хељде су палмитинска, олеинска, линолна, стеаринска, линоленска, арахидна, бехенска и лигноцерична (Таб. 3.4). Дуголанчане киселине арахидне, бехенске и лигноцеричке, које представљају око 8% од укупне количине киселина у хељди, само су споредне компоненте или уопште нису присутне код жита. Хељда садржи приближно исту количину укупних липида као пшеница и раж (Becker 2008). У односу на врсте, у хељди су најзаступљеније палмитинска (16 : 0), олеинска (18 : 1) и линолна (18 : 2) масна киселина (Таб. 3.4).

Таб. 3.4. Профил масних киселина (mg/g) тартарне и обичне хељде (Mazza 1988; Tsuzuki и сар. 1991; Becker 2008; Gulpinar и сар. 2011)

Table 3.4. Fatty acid profile (mg/g) of tartary and common buckwheat (Mazza 1988; Tsuzuki et al. 1991; Becker 2008; Gulpinar et al. 2011)

Масне киселине	Тартарна хељда	Обична хељда
C16:0	171	186
C18:0	21	19
C18:1	367	359
C18:2	369	344
C18:3	16	22
C20:0	11	14
C20:1	21	13
C22:0	11	14
C22:1	5	2
C24:0	6	9

Линолна, олеинска и палмитинска киселина чине 88% укупних масних киселина (Horbowicz и Obendorf 1992). По саставу масних киселина, хељда је

нутритивно супериорнија у односу на зрна жита, јер садржи 80% незасићених масних киселина, од којих је 4% полинезасићених (Steadman и сар. 2001a). Kim и сар. (2001) утврдили су да је у хељди било 20% засићених и 79% незасићених масних киселина, са главном фракцијом од 46% линолне киселине.

3.4.3. Протеини хељде у исхрани људи

Зависно од сорте и агроеколошких услова садржај протеина у зрну хељде варира од 8,5% до 18,9% (Aubrecht и Biacs 2001; Li и Zhang 2001; Krkoskova и Mrazova 2005). У протеинима хељде заступљени су албумини, глобулини, проламини и глутелини (Ikeda и сар. 1999; Ikeda и Asami 2000), а релативни садржај појединих протеинских фракција је сортна особина. У просјеку протеини хељде садрже 18% албумина, 43% глобулина, 23% глутелина, 0,8% проламина и 5% осталих азотних остатака (Javornik и Kreft 1984; Ikeda 1991; Ikeda и Asami 2000). Опште је познато да су албумин и глобулин главни протеини за складиштење у зрну хељде, док је садржај проламина и глутелина веома низак (Guo и Yao 2006).

Таб. 3.5. Састав есенцијалних аминокиселина (mg/g протеина) хељде, житарица, псеудожитара и јаја (Radovic и сар. 1999; Mendonça и сар. 2009; Tang и Wang 2010; Vega-Gálvez и сар. 2010)

Table 3.5. Essential amino acid composition (mg/g protein) of buckwheat, cereals, pseudo-cereals and egg (Radovic et al. 1999; Mendonça et al. 2009; Tang & Wang 2010; Vega-Gálvez et al. 2010)

Аминокиселине	Хељда	Јечам	Пшеница	Кукуруз	Киноа	Амарант	Јаје
Лизин	51	37	25	28	61	62	60
Метионин	19	18	18	24	48	20	38
Цистин	22	23	18	22	48	20	24
Треонин	35	36	28	39	38	33	43
Валин	47	53	45	50	45	44	72
Изолеуцин	35	37	34	38	44	37	59
Леуцин	61	71	68	105	66	61	84
Фенилаланин	42	49	44	45	73	46	61
Хистидин	22	22	23	24	32	26	22
Триптофан	16	11	10	6	12	33	15
TD (%)	79,9	84,3	92,4	93,2	–	–	99,0
BV (%)	93,1	76,3	62,5	64,3	–	–	100,0
NPU (%)	74,4	64,3	57,8	59,9	–	–	94,0
UP (%)	9,1	7,3	7,3	6,0	–	–	12,2

Због добро избалансираног састава аминокиселина, протеини хељде имају високу биолошку вриједност, а главни недостатак хељде је њена ниска сварљивост протеина (79,9%) (Ikeda и Kishida 1993). Такође, протеини из групе албумина са дисулфидним везама одговорни су за алергијску реакцију коју изазивају производи од хељде (Satoh и сар. 2008). Садржај протеина у хељди је значајно виши него у пиринчу, пшеници, сирку, просу и кукурузу. По садржају протеина, хељда се налази иза овса. Хељда има добро избалансиран аминокиселински састав са високим садржајем лизина, који је, поред аргинина, ограничавајућа аминокиселина у пшеници и јечму (Таб. 3.5). Квалитет протеина хељде потврђује и њен аминокиселински скор брашна, који износи 100, што је једна од највећих вриједности у биљним производима (Ikeda 2002). У брашну хељде нису пронађени типови глутена, или се налазе у веома ниској концентрацији, што хељдино брашно чини погодним за исхрану особа које пате од болести целијакије.

Главни проблем са протеинима хељде је њихова ниска сварљивост и код људи и код животиња (Farrell 1978; Javornik и сар. 1981). Ниска сварљивост последица је присуства антинутритивних фактора у обичној хељди, укључујући инхибиторе протеазе (као што су инхибитори трипсина) и танине (Ikeda и сар. 1986, 1991). Трипсин инхибитори у зрну хељде отпорни су на термичку обраду (Ikeda и сар. 1986, 1991). Клијањем зрно хељде значајно смањује активност инхибитора протеазе; што значи да клијанци и вегетативни дијелови биљке представљају храну са ефикаснијим искоришћавањем протеина (Kreft 1983; Ookubo 1992).

Резистентни протеини, као што су они у хељди, ефикасно снижавају холестерол у крви (Kayashita и сар. 1996; Iwami 1998; Tomotake и сар. 2000). Huff и Carroll (1980) наводе да су односи лизин/аргинин (Lis/Arg) и метионин/глицин (Met/Gli) кључни фактори у одређивању ефикасности протеина хељде у снижавању холестерола. Односи Lis/Arg и Met/Gli у протеинима хељде знатно су нижи него у осталим биљним протеинима. Досадашња истраживања потврдила су да протеини хељде имају највећу ефикасност у снижавању холестерола од свих биљних протеина (Huff и Carroll 1980), јер они чврсто везују холестерол, чиме се смањује холестерол у плазми код људи са хиперлипидемијом (Tomotake и сар. 2001).

Аминокиселине у хељди регулишу хепатичне рецепторе липопротеина ниске густине (*Low-density lipoprotein*, LDL) и на тај начин снижавају серумски холестерол, што резултира индиректно у превенцији артериосклерозе. Kayashita и сар. (1995) утврдили су да су BPI протеини татарске хељде (*Tartary buckwheat protein*, BPI) ефикаснији у снижавању холестерола од изолата протеина соје и изолата других биљних врста. Исти аутори истичу да је

повећање масе пацова, који су храњени протеинима татарске хељде, било на нивоу пацова храњених казеином, што указује на ефикасност сварљивости и апсорпције аминокиселина хељде, неопходних пацовима за раст. У поређењу са другим биљним и животињским протеинима, протеини татарске хељде били су ефикаснији у снижавању липопротеина ниске густине и липопротеина веома ниске густине (*very low-density lipoproteins*, VLDL) (Saeki и сар. 1990). Изолати протеина хељде могу се користити као функционални састојак хране за лијечење хипертензије, гојазности и затвора. Ови протеини снижавају активност ензима који конвертује ангиотензин (*Angiotensin converting enzyme*, ACE) и директно контролишу хипертензију (Kato и сар. 2001; Tomotake и сар. 2001, 2002). Утврђено је да пацови преобилно храњени високим садржајем масти нису повећавали тјелесну масу када су се у храни налазили протеински хидролизати хељде. Заштитни ефекат протеинског хидролизата соје био је много слабији (Tomotake и сар. 2001). Протеини из хељде, заједно са дијеталним влакнима, могу ублажити констипацију (Kayashita и сар. 1995). Неколико студија наводи да протеини хељде, као и дијетална влакана, могу ублажити развој рака дебелог цријева (Cassidy и сар. 1994; Lipkin и сар. 1999). Протеини хељде у исхрани смањују инциденцу аденокарцинома дебелог цријева за 47% (Cassidy и сар. 1994; Lipkin и сар. 1999; Liu и сар. 2001).

3.4.4. Минерали у хељди

Зрно хељде је добар извор многих есенцијалних минерала (Таб. 3.6) (Ikeda и Yamashita 1994; Ikeda и сар. 2001, 2002, 2003, 2004, 2005). У поређењу са другим житима, као што су пиринач, пшенично брашно или кукуруз, хељда садржи већи ниво цинка (Zn), бакра (Cu) и мангана (Mn) (Ikeda и сар. 1999; Steadman и сар. 20016) (Таб. 3.6).

Биорасположивост Zn, Cu и калијума (K) из хељде је посебно висока. Утврђено је да 100 g хељдиног брашна може обезбиједити 13–89% препоручене дијететске дозе (*recommended dietary allowance*, RDA) Zn, Cu, магнезијума (Mg) и Mn. Највећа количина ових минерала налази се у мекињама, а затим у ендосперму. Хељдино брашно садржи релативно висок ниво Zn, Cu, Mn и Mg, уз нешто нижи садржај калцијума (Ca) у поређењу са другим брашном, посебно пшеничним (Таб. 3.7) (Bonafaccia и сар. 20036). Ензимском дигестијом утврђено је да се већи дио Zn, Cu, и K ослобађа у растворљивом облику из хељдиног брашна, у односу на брашна жита (Ikeda и сар. 2006).

Таб. 3.6. Концентрације минерала (mg/g) у хељди и фракције за мљевање (Steadman и сар. 20016; Ikeda и сар. 2006)

Table 3.6. Mineral concentrations (mg/g) in buckwheat and milling fractions (Steadman et al. 20016; Ikeda et al. 2006)

Минерали	Цијело зрно	Брашно	Мекиње
Калијум	5,6500	5,0030	14,1630
Фосфор	4,9000	4,1670	13,5330
Магнезијум	2,6760	2,5300	5,9910
Калцијум	0,1970	0,3000	0,3330
Гвожђе	0,0303	0,0340	0,0604
Цинк	0,0292	0,0283	0,0726
Манган	0,0164	0,0180	0,0462
Бор	0,0067	0,0066	0,0241
Бакар	0,0071	0,0070	0,0104

Таб. 3.7. Поређење минералног састава (mg/g) хељдиног брашна са кукурузним брашном, гризом, пшеничним брашном, сојиним брашном, киноа брашном и сировим амарантом (Ranhotra et al. 1993; Edwardson 1995)

Table 3.7. Comparison of mineral composition (mg/g) of buckwheat flour with maize meal, semolina, wheat flour, soybean flour, quinoa flour and raw amaranth (Ranhotra et al. 1993; Edwardson 1995)

Врста брашна	Ca	Fe	Mg	K	Na	Zn	Cu	Mn
Хељда	410	40	2510	3370	0	31	0,9	0,9
Кукуруз	60	34	1270	2410	350	18	1,9	4,9
Семоилина	170	12	470	1360	10	11	1,9	6,1
Пшеница	150	12	220	1080	20	7	1,4	6,8
Соја	2060	64	4290	4940	130	39	29,2	22,7
Киноа	700–860	26–63	1610–2320	7140–8550	27–930	32–38	7–76	35,0
Сирови амарант	1590	76	2480	5080	40	28	53	33,3

3.4.5. Витамини у хељди

Витамини су група органских једињења која су неопходна у врло малим количинама за нормално функционисање људског организма. Веома се разликују по њиховом хемијском саставу и утицају на физиолошке функције у људском организму, а широко су распрострањена у природним изворима

хране (Wijngaard и Arendt 2006). Садржај витамина у крупици обичне хељде представљен је у Таб. 3.8. У поређењу са другим житима, хељда садржи већи ниво витамина В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), Е (токоферол) и В3 (ниацин и ниацинамид). Генерално, татарска хељда има више витамина В1, В2, В3, али мање витамина Е од обичне хељде (Bonafaccia и сар. 2003б; Ikeda и сар. 2006). Код клијанаца хељде долази до повећања нивоа витамина С, В1 и В6 (Lintschinger и сар. 1997; Kim и сар. 2004).

Таб. 3.8. Садржај витамина код обичне хељде (Wijngaard и Arendt 2006)

Table 3.8. Vitamin composition of common buckwheat (Wijngaard u Arendt 2006)

Витамини	Ниво (mg/g)
А (β-каротин)	2,1
В1 (тиамин)	4,6
В2 (рибофлавин)	1,4
В3 (ниацин)	18,0
В5 (пантотенска киселина)	10,5
В6 (пиридоксин)	7,3
С (аскорбинска киселина)	50,0
Е (токофероли)	54,6

3.5. Нутрацеутске и функционалне компоненте хељде

У зрну и љусци хељде налазе се флавоноиди и флавони, фенолне киселине, кондензовани танини, фитостероли, фагопирини, резистентни скроб, дијетална влакна, лигнани, биљни стероли, витамини и минерали, који имају специфичне биолошке активности.

3.5.1. Дијетална влакна

Дијетална влакна су нутријенти са израженом функцијом у правилном варењу хране и правилном функционисању дигестивног тракта, а користе се као адитиви у људској исхрани. Дају осјећај ситости и помажу у губитку тјелесне масе. Код недовољног уноса дијеталних влакана може доћи до затвора, хемороида и повишеног нивоа холестерола и шећера у крви, а код превеликог уноса влакана до опструкције рада цријева, дијареје или чак дехидратације (Anderson et al. 2009).

Дијетална влакна су нескробни полисахариди и на основу улоге у људском организму укупна дијетална влакна (*total dietary fiber*, TDF) класификована су у растворљива дијетална влакна (*soluble dietary fibre*, SDF) и нерастворљива дијетална влакна (*insoluble dietary fibre*, IDF). Главне компоненте дијеталних влакана су целулоза, безскробни полисахариди и лигнин, који се у највећем проценту налазе у ћелијским зидовима скробног ендосперма, алеурана, сјемењаче и љуске (Joshi и Rana 1995; Zheng и сар. 1998; Steadman и сар. 20016; Izydorczyk и сар. 2002). Фракције мекиња добијене након мљевања хељде посебно су богате дијеталним влакнима (13–16%), док хељдино брашно садржи знатно мање влакана (1,7–8,5%) (Steadman и сар. 2001a).

Нерастворљива дијетална влакна смањују вријеме транзита у стомаку, танком и дебелом цријеву и повећавају фекалну масу. Ова влакна обично се користе као средство за превенцију или лијечење затвора. Растворљива дијетална влакна, због њиховог високог вискозитета, успоравају пражњење желуца, смањују адсорпцију одређених хранљивих материја и повећавају вријеме транзита у танко црево, успоравањем апсорпције глукозе. Микрофлора у дигестивном систему ферментише растворљива дијетална влакна, и у мањој мјери нерастворљива, и производе се кратколанчане масне киселине (*Short-chain fatty acid*, SCFA), које се везују за холестерол у серуму и смањују канцер дебелог цријева (Elleuch и сар. 2011). Значајан дио дијеталних влакана хељде је растворљив, али су врло оскудна знања о њиховом саставу (Joshi и Rana 1995; Zheng и сар. 1998; Steadman и сар. 20016; Izydorczyk и сар. 2002). Asano и сар. (1970) изоловали су растворљива дијетална влакна из хељде и утврдили да у њихов састав улазе ксилозе, манозе, галактозе и глукуронске киселине. У новије вријеме у растворљивим дијеталним влакнима хељде пронађена је арабиноза и остаци глукозе (Izydorczyk и сар. 2002). Једна од најважнијих особина растворљивих дијеталних влакана хељде је њихова веома висока молекулска маса, због чега могу формирати веома вискозне растворе у води.

У зрну хељде има 5–11% дијеталних влакана, од чега је растворљивих 3–70%, а нерастворљивих 2–4% (Krkoskova и Mrazova 2005). Хељдине мекиње које садрже љуске имају око 40% влакана, од којих је 25% растворљивих, док мекиње без љуске садрже око 16% влакана, од којих је 75% растворљивих влакана (Górecka и сар. 2010; Dziedzic и сар. 2012). Љуске хељде садрже већи проценат лигнина и целулозе, док код крупице хељде преовладава хемицелулоза (Dziedzic и сар. 2012). Растворљива влакна смањују ниво холестерола у крви, ризик од исхемијске болести срца и постпранијалне гликемије (Brown et al. 1999). Функционалне особине дијеталних влакана, као што су капацитет задржавања воде и везивање катјона, играју значајну улогу у превенцији од болести везаних за прекомјерну исхрану – нпр. гојазност, атеросклероза и

канцер дебелог цријева (Esposito и сар. 2005; Górecka и сар. 2005; Mehta 2005).

3.5.2. Резистентни скроб

Скроб је главна компонента хељде (Skrabanja и Kreft 1998) и хељдино брашно садржи 70–91% скроба у зависности од врсте брашна. Скроб хељде састоји се од око 25% амилозе и 75% амилопектина (Qin и сар. 2010; Takahama и Hirota 2010). Честице скроба хељде имају величину 2–9 μm у пречнику (Lorenz и Dilsaver 1982; Soral-Smietana и сар. 1984; Acquistucci и Fornal 1997).

Резистентни скроб (РС) посебан је облик скроба који се не разграђује у танком цријеву, већ неразграђен одлази у дебело цријево, гдје подлијеже ферментацији (Gao и сар. 2020). Englyst и сар. (1992) резистентни скроб дефинишу као скроб који није хидролизован након 120 мин. инкубације на 37 °C. Постоји пет различитих типова резистентног скроба: PC1, PC2, PC3, PC4 и PC5. PC1 се налази у физички неприступачном облику, те је због тога недоступан ензимима. PC2 има радијално збијену структуру, која ограничава приступ пробавним ензимима и налази се у сировом кромпиру и зеленим бананама. PC3 су ретроградирани скробови и представљају најзаступљенију групу резистентног скроба. PC4 се добија хемијским модификацијама, попут конверзије или умрежавања, те на такав начин блокира приступ ензимима. PC5 је нови извор резистентног скроба, те се дефинише као комплекс састављен од амилозе и различитих липида. На стварање резистентног скроба утичу различити фактори, као што су својства скроба, влажност, други састојци хране, услови процесирања, вријеме и услови складиштења. Због својстава влакана која посједује, РС се примјењује у бројним прехранбеним производима (најчешће у пекарским), те има врло повољан утицај на здравље људи.

Укључивање 30 грама хељде у дневну исхрану било је довољно да произведе клинички релевантно смањење укупног холестерола у серуму и LDL холестерола и триглицерида и повећа HDL холестерол, чиме се смањује ризик од кардиоваскуларних болести (He и сар. 1995). Исти аутори наводе да протеини хељде и резистентни скроб имају благотворно дејство на разне болести, укључујући хиперлипидемију и дијабетес мелитус.

3.6. Антиоксидативна активност

Разне биолошке функције, као што су антимуутагеност, антиканцерогеност и антиејџинг, резултат су антиоксидативне активности одређених једињења (Holasova и сар. 2002). Кондензовани катехини и фенолне киселине, које се

налазе у алеуронском слоју зрна хељде, имају антиоксидативна својства (Przybylski и сар. 1998). Примарни антиоксиданси у хељди су рутин, кверцетин и хиперин (Morishita и сар. 2007). Zielinski и Kozłowska (2000) утврдили су слиједећи хијерархијски однос антиоксидативне активности 80% метанолних екстракта интегралних жита: хељда > јечам > овас > пшеница > раж.

Fabjan и сар. (2003) екстраховали су зрно татарске хељде са метанолом и утврдили да садржи више рутина (8–17 mg/g CM) од зрна обичне хељде (0,1 mg/g CM). Утврђено је да 80% метанола екстрахује 64 пута више фенолних једињења и четири пута већу количину антиоксидативних материја од воде (Zielinski и Kozłowska 2000). Watanabe (1998) установио је да се у екстрахованим етанолним једињењима из хељдине крупице (*F. esculentum* Moench.) налазе рутин, рутин-агликон, кверцетин, епикатехин, катехин 7-О-β-Д-глюкопиранозил, епикатехин, 3-Оп-хидроксибензоат и епикатехин 3-О(3,4-ди-Ометил)-галат, док су Quettier-Deleu и сар. (2000) установили присуство проантоцијанидина у брашну у количини од 1,59 mg/g CM.

3.6.1. Флавоноиди у хељди

Флавоноиди су полифенолна једињења која су присутна у биљкама и представљају групу више од 4.000 полифенолних једињења која се природно јављају у намирницама биљног поријекла. Изазивају разне биолошке реакције у организмима када су у нетоксичним концентрацијама. Ова једињења посједују уобичајену структуру фенилбензопирона (C6-C3-C6) а према нивоу засићености и отворености централног пиранског прстена категоришу се у флавоне, флаваноле, изофлавоне, флавоноле, флаваноне и флаванолне (Ren и сар. 2003). Фенолна једињења у хељди посједују антиоксидативно дејство (Holaseva и сар. 2002; Sun и Ho 2005; Sensoy и сар. 2006). Четири флавоноидна гликозида, укључујући рутин, кверцетин, кемферол-3-рутинозид и флавонол-тригликозид у траговима пронађени су у метанолном екстракту хељде (Tian и сар. 2002). Татарска хељда има већи садржај флавоноида (19,02 mg/g) у поређењу са обичном хељдом (0,28 mg/g) (Jiang и сар. 2007).

Хељда садржи више рутина у поређењу са осталим житима. То је кверцетин-3-рутинозид, који има антиоксидативно, антиинфламаторно и антиканцерогено дјеловање, а такође може смањити нееластичност крвних судова, што је повезано са хеморагијском болешћу и хипертензијом код људи (Oomah и Mazza 1996; Baumgartel и сар. 2003). Утврђено је да цијело зрно хељде садржи 2–5 пута више фенолних једињења него зрно овса или јечма, док

хељдине мекиње и ољуштена зрна имају 2–7 пута већу антиоксидативну активност од јечма, тритикалеа и овса (Holaseva и сар. 2002; Zdunczyk и сар. 2006). Хељдино брашно садржи четири пута више полифенола од пшеничног брашна. Хељда садржи већину фенолних једињења у слободном облику, која су дистрибуирана по цијелом зрну (Hung и Morita 2008).

Садржај и састав флавоноида у зрну зависи од врсте хељде и њене фазе раста и развића. Садржај флавоноида у татарској хељди генерално је већи него код обичне хељде (Li и Zhang 2001). У татарској хељди садржај флавоноида у цвјетовима, листовима и стабљивици може бити и преко 100 mg/g. Хељдине мекиње могу бити извор висококвалитетних флавоноида, иако њихов садржај варира у зависности од фазе раста, садржаја фенилаланина и тирозина и активност кинетина, као и од облика азота у земљишту на којем се хељда гаји (Li и Zhang 2001).

У љусци зрна хељде изоловано је и идентификовано шест флавоноида – рутин, кверцетин, оријентин, витексин, изовитексин и изооријентин (Dietrich-Szostak и Oleszek 1999; Kreft и сар. 1999; Tian и сар. 2002). Епидемиолошке студије истичу заштитну улогу флавоноида у исхрани против коронарних болести срца и вјероватно канцера (Chao и сар. 2002). Посљедњих година флавоноиди су изазвали све веће интересовање, јер имају благотворно дејство на здравље, као што су антиалергијска, антивирусна, антиканцерогена и антиоксидациона својства (Fotsis и сар. 1997; Chao и сар. 2002).

Флавоноиди су познати по својој ефикасности у смањењу нивоа холестерола у крви, одржавању капиlara и артерија јаким и флексибилним, смањењу високог крвног притиска и смањењу ризика од атеросклерозе (Li и Zhang 2001; Fabjan и сар. 2003). Verardo и сар. (2011) квантификовали су 32 слободна и 24 везана фенолна једињења у хељдином брашну и шпагетама хељде, са два нова једињења – протохатехична-4-О-гликозидна киселина и процијанидин, доказујући даљи фенолни потенцијал хељде.

3.6.2. Садржај рутина

Рутин (*quercetin-3-O-rutinoside*) важна је терапеутска материја која повољно утиче на повећање еластичности крвних судова (Mukasa и сар. 2009), лијечење поремећаја циркулације и атеросклерозе, смањење крвног притиска, и стимулише коришћење витамина С (Yildizoglu-Ari и сар. 1991). Широко је присутан у биљкама, али релативно ријетко у њиховим јестивим дијеловима. Прво је откривен у биљној врсти *Ruta graveolens*, на основу које је и добила име ова важна фармацеутска супстанца (Chen и сар. 2001). Изузев хељде,

рутин није пронађен у житима или псеудожитима, те се хељда може користити као добар извор дијететског рутина (Ohsawa и Tsutsumi 1995; Watanabe 1998; Kreft и сар. 1999; Park и сар. 2000; Jiang и сар. 2007). Поред сорте, садржај рутина зависи и од агроеколошких услова гајења, фаза развитка, дијела биљке, локалитета и година жетве (Таб. 3.9) (Lachmann и Adachi 1990). Различите сорте хељде могу имати различите количине укупног рутина у биљци и са могућим варирањем у количини рутина у појединим дијеловима биљке (Ohsawa и Tsutsumi 1995). Зависно од сорте и агроеколошких услова, већина рутина акумулира се у цвасти (до 0,12 mg/g CM), стаблу (0,004–0,01 mg/g CM), горњим листовима (0,08–0,10 mg/g CM) (Hagels 1999) и зрну (0,12–0,36 mg/g CM) (Kitabayashi и сар. 1995; Brunori и сар. 2010; Park и сар. 2011). Највећа количина рутина налази се у листовима непосредно прије цвјетања (Michalova и сар. 1998), те њихово коришћење може представљати начин обогаћивања хране рутином.

Рутин има пожељне физиолошке и биолошке особине, као што су антиоксидативне, антиинфламаторне, антихипертензивне, вазоконстриктивне, спазмолитичке и позитиван инотропни ефекат (Kuntiћ и сар. 2011; Landberg и сар. 2011). Рутин такође пружа заштиту од лезије желуца, побољшава вид и слух, штити против ултраљубичасте свјетлости, снижава холестерол у плазми, штити од оксидативног стреса (Gong и сар. 2010), узрокује мишићну хипертрофију (Gaberscik и сар. 2002) и такође успорава формирање камена у жучи (Kuntiћ и сар. 2011). Guo и сар. (2007) закључили су да додавање рутина у смјешу за варење у брашну изазива значајно повећање сварљивости пепсина.

Таб. 3.9. Садржај рутина (mg/g CM) у различитим дијеловима хељде (Park и сар. 2004; Paulícková и сар. 2004)

Table 3.9. Rutin content (mg/g DW) in different parts of buckwheat (Park et al. 2004; Paulícková et al. 2004)

Дио биљке	Рутин
Зрно са љуском	126
Зрно без љуске	178
Наклијало зрно са љуском	366
Коријен	436
Клица	1.692
Стабло	5.634
Цвијет	12.726
Млада биљка	17.920
Врхови биљке	23.374
Листови	40.011

3.6.3. Фагопирини и фагопиритоли

Фагопирин је фотоосјетљива супстанца која се налази у биљкама хељде, припада нафтодијантронима и структурно је повезан са хиперицином (Kreft и Germ 2008). Фагопирини који се налазе у зрну хељде су јединствени, веома ниске концентрације, а њихова изолација је тешка. Хељда је најбогатији извор ових угљених хидрата. Мекиње хељде могу имати и до 26 mg/g СМ фагопиритола, док тамно и свијетло хељдино брашно садржи 7 и 3 mg/g СМ, респективно (Fonteles и сар. 2000). Утврђено је присуство у хељди и неких антраноида у концентрацијама које могу изазвати веома мале лаксативне ефекте (Hagels 2007). Фагопирини који се налазе у хељди могу се користити у лијечење дијабетеса типа 2 (Krkoskova и Mrazova 2005).

Зрно хељде у ембриону и алеуронском ткиву акумулира растворљиве угљене хидрате сахарозе и фагопиритола. Фагопиритоли су једињења угљених хидрата који су први пут идентификовани код хељде и они представљају деривате галактозила (Horbowicz и сар. 1998). Фагопиритол Б1 и А1 су главни фагопиритоли акумулирани у котиледонима зрна хељде (Horbowicz и сар. 1998), и они чине 50% од укупних растворљивих угљених хидрата ембриона хељде (Cid и сар. 2004).

3.7. Алергије на хељду

Алергија на хељду први пут је наведена у литератури 1909. године (Smith 1909). Тешку алергију може изазвати имуноглобулин Е (*Imunoglobulin E*, IgE), и она је слична алергији коју изазива кикирики (Asero и сар. 2009). Tohgi и сар. (2011) детектовали су неколико протеина (24 kDa – Fag e 1, 26 kDa, 67–70 kDa) који изазивају алергију код људи. И Park и сар. (2000) открили су протеин (Fag e 2), који је резистентан на варење и представља главни алерген на хељду код јапанских и корејских пацијента са алергијом на хељду.

3.8. Закључак

Хељда представља врсту алтернативног жита високе нутритивне вриједности, чији је фитохемијски састав са нутритивног аспекта знатно виши у односу на права и просолика жита, нарочито у погледу количине и квалитета протеина, витамина, минерала, фитостерола и антиоксиданаса. На подручју западног Балкана гаји се на безначајним, а у свијету на скромним површи-

нама; на око 2 милиона хектара. Одликује се кратким вегетационим периодом, скромним захтјевима према агроеколошким условима, због чега се може гајити у подручјима кратког безмразног периода и на маргиналним земљиштима. Имајући у виду њене скромне захтјеве према факторима средине и значајне нутритивне и нутрацеутске особине, свакако заслужује већу пажњу – гајење на већим површинама и веће конзумирање у исхрани људи. Хељда је одличан извор протеина са добро избалансираним саставом аминокиселина, дијеталним влакнима, витаминима, минералима и биоактивним једињењима. Не садржи глутен и може послужити као вриједна храна за особе које су интолерантне на глутен. Конзумација хељде је повезана са различитим благотворним ефектима на здравље, као што су смањење ризика од гојазности, дијабетеса, неких облика рака и кардиоваскуларних болести. Фагопириколи су од посебног интереса за лијечење инсулин-зависног дијабетеса. Препоручује се додавање хељдиног брашна пекарским и кондиторским производима који се праве од осталих врста жита, како би се повећао нутритивни потенцијал намирница, а тиме побољшао и здравствени статус становништва. Производи на бази хељде су генерално прихваћени од стране потрошача и имају потенцијал да буду дио здраве исхране. Будућа истраживања на овој гајеној биљној врсти требало би усмјерити на детерминацију генетичке основе нутрацеутских особина у циљу стварања сорти са супериорним нутритивним квалитетом, уз истовремено смањењу садржаја антинутријената и алергених материја. Истовремено се морају стварати сорте већег генетичког потенцијала за принос. Дугорочни ефекти конзумирања хељде на здравље људи и допринос хељде отпорнијим пољопривредним системима и промоцији биодиверзитета такође треба даље проучавати. Коначно, потребно је више истраживања како би се олакшао успјешан развој укусне и безбједне хране на бази хељде са користима за животну средину и здравље.

Литература

- Adda247 (2025) Top-10 Largest Buckwheat Producing Countries in the World 2024. Доступно на: <https://currentaffairs.adda247.com/largest-buckwheat-producing-countries-in-the-world/> Приступљено: 18. март 2025
- Alvarez-Jubete L, Holse M, Hansen V, Arendt EK, Gallagher E (2009) Impact of baking on vitamin E content of pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat. *Cereal Chem* 86:511–515
- Anderson JW, Baird P, Davis RHJr, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL (2009) Health benefits of dietary fibre. *Nutr Rev* 67:188–205

- Asano K, Morita M, Fujimaki M (1970) Studies on the non-starchy polysaccharides of the endosperm of buckwheat. 2. The main polysaccharide of the water soluble fraction. *Agric Biol Chem* 34:1522–1529
- Asero R, Antonicelli L, Arena A, Bommarito L, Caruso B, Colombo G, Crivellaro M, de Carli M, Della Torre E, Della Torre F, Heffler E, Lodi Rizzini F, Longo R, Anzotti G, Marcotulli M, Melchiorre A, Minale P, Morandi P, Moreni B, Moschella A, Murzilli F, Nebiolo F, Poppa M, Randazzo S, Rossi G, Senna G (2009) Causes of food-induced anaphylaxis in Italian adults: a multi-centre study. *Int Arch Allergy Immunol* 150:271–277
- Aubrecht E, Biacs PA (2001) Characterization of buckwheat grain proteins and its products. *Acta Aliment* 30:71–80
- Acquistucci R, Fornal J (1997) Italian buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch: physicochemical and functional characterization and in vitro digestibility. *Food/Nahrung* 41:281–284
- Barta J, Kalinova J, Moudry J, Curn V (2004) Effects of environmental factors on protein content and composition in buckwheat flour. *Cereal Res Commun* 32:541–548
- Baumgertel A, Grimm R, Eisenbeiss W, Kreis W (2003) Purification and characterization of a flavonol 3-O-betaheterodisaccharidase from the dried herb of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Phytochemistry* 64:411–418
- Bender D, Schönlechner R (2021) Recent developments and knowledge in pseudocereals including technological aspects. *Acta Aliment* 50(4):583–609. doi:10.1556/066.2021.00136
- Becker R (2008) Fatty acids in food cereal grains and grain products. In: Kuang Chow C (ed) *Fatty Acids in Foods and their Health Implications* Boca Raton, FL: CRC Press, pp 303–316
- Bogdanović M, Pržulj N (1984) Četvorogidišnji rezultati ispitivanja heljde. *Radovi Poljoprivrednog fakulteta Sarajevo* 36:13–24
- Bonafaccia G, Fabjan N (2003) Nutritional comparison of tartary buckwheat with common buckwheat and minor cereals. *Research Reports, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana (Slovenia)* 81:349–355
- Bonafaccia G, Gambelli I, Fabjan N, Kreft I (2003a). Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem* 83:1–5
- Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I (2003b) Composition and technological properties of the, flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem* 80:9–15
- Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM (1999) Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a metaanalysis. *Am J Clin Nutr* 69:30–42
- Brunori A, Baviello G, Zannettino C, Corsini G, Sandor G, Vegvari G (2010) The use of tartary buckwheat whole flour for bakery products: recent experience in Italy. *Annals of the University Dunarea de Jos Galati Fascicle V1 – Food Technology* 34:33–38

- Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez EA (2010) Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *J Sci Food Agric* 90:2541–2547
- Verardo V, Arraez-Roman D, Segura-Carretero A, Marconi E, Fernandez-Gutierrez A, Caboni MF (2011) Determination of free and bound phenolic compounds in buckwheat spaghetti by RP-HPLC-ESITOF-MS: effect of thermal processing from farm to fork. *J Agric Food Chem* 59:7700–7707
- Gaberscik A, Voncina M, Trost T, Germ M, Bjorn LO (2002) Growth and production of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) treated with reduced, ambient, and enhanced UV-B radiation. *Photochem Photobiol B: Biol* 66:30–36
- Gao L, Xia M, Li Z, Wang M, Wang P, Yang P, Gao X, Gao J (2020) Common buckwheat-resistant starch as a suitable raw material for food production: A structural and physicochemical investigation. *Int J Biol Macromol* 145:145–153. doi:org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.116
- Gong G, Qin Y, Huang W, Zhou S, Yang X, Li D (2010) Rutin inhibits hydrogen peroxide-induced apoptosis through regulating reactive oxygen species mediated mitochondrial dysfunction pathway in human umbilical vein endothelial cells. *Eur J Pharmacol* 628:27–35
- Górecka D, Korczak J, Konieczny P, He SM, Flaczyk E (2005) Adsorption of bile acids by cereal products. *Cereal Foods World* 50:176–178
- Górecka D, Dziedzic K, Sell S (2010) The influence of the technological processes applied to production of buckwheat groats on the dietary fibre content. *Nauka Przyroda Technologie* 4:2
- Gulpinar AR, Erdogan Orhan I, Kan A, Senol FS, Celik SA, Kartal M (2011) Estimation of in vitro neuroprotective properties and quantification of rutin and fatty acids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) cultivated in Turkey. *Food Res Int* 46:536–543
- Guo XN, Yao HY (2006) Fractionation and characterization of tartary buckwheat flour proteins. *Food Chem* 98:90–94
- Guo X, Yao H, Chen Z (2007) Effect of heat, rutin and disulfide bond reduction on in vitro pepsin digestibility of Chinese tartary buckwheat protein fractions. *Food Chem* 102:118–122
- Dietrych-Szostak SD, Oleszek W (1999) Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain. *J Agric Food Chem* 47, 4384–4387
- Dziedzic K, Górecka D, Kucharska M, Przybylska B (2012) Influence of technological process during buckwheat groats production on dietary fibre content and sorption of bile acids. *Food Res Int* 47:279–283
- Edwardson SE (1995) Using growing degree days to estimate optimum windrowing time in buckwheat. In: Matano T, Ujihara A (eds) *Current Advances in Buckwheat Research: 6th International Symposium on Buckwheat in Shinshu*, 24–29 August 1995, Nagano, Japan, Shinshu University, pp 509–514

- Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H (2011) Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chem* 124:411–421
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH (1992) Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 46 (Suppl. 2):S33–S50
- Esposito F, Arlotti G, Bonifati AM, Napolitano A, Vitale D, Fogliano V (2005) Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Res Int* 38:1167–1173
- Zdunczyk Z, Flis M, Zielinski H, Wroblewska M, Antoszkiewicz Z, Juskiewicz J (2006) In vitro antioxidant activities of barley, husked oat, naked oat, triticale, and buckwheat wastes and their influence on the growth and biomarkers of antioxidant status in rats. *J Agric Food Chem* 54:4168–4175
- Zheng SJ, Ma JF, Matsumoto H (1998) High aluminum resistance in buckwheat – I. Al-induced specific secretion of oxalic acid from root tips. *Plant Physiol* 117:745–751
- Zielinski H, Kozłowska H (2000) Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J Agric Food Chem* 48:2008–2016
- Ikeda K (2002) Buckwheat composition, chemistry, and processing. *Adv Food Nutr Res* 44:395–434
- Ikeda K, Asami Y (2000) Mechanical characteristics of buckwheat noodles. *Fagopyrum* 17:67–72
- Ikeda K, Oku M, Kusano T, Yasumoto K (1986) Inhibitory potency of plant antinutrients towards the in vitro digestibility of buckwheat protein. *J Food Sci* 51:1527–1530
- Ikeda K, Sakaguchi T, Kusano T, Yasumoto K (1991) Endogenous factors affecting protein digestibility in buckwheat. *Cereal Chem* 68, 424–427
- Ikeda K, Kishida M (1993) Digestibility of proteins in buckwheat seed. *Fagopyrum* 13:21–24
- Ikeda S, Yamashita Y (1994) Buckwheat as a dietary source of zinc, copper and manganese. *Fagopyrum* 14:29–34
- Ikeda S, Yamashita Y, Kreft I (1999) Mineral composition of buckwheat by-products and its processing characteristics in konjak preparation. *Fagopyrum* 16:89–94
- Ikeda S, Tomura K, Yamashita Y, Kreft I (2001) Minerals in buckwheat flours subjected to enzymatic digestion. *Fagopyrum* 18:45–48
- Ikeda S, Tomura K, Kreft I (2002). Nutritional characteristics of iron in buckwheat flour. *Fagopyrum* 19:79–82
- Ikeda S, Tomura K, Miya M, Kreft I (2003) Changes in the solubility of the minerals in buckwheat noodles occurring by processing, cooking and enzymatic digestion. *Fagopyrum* 20:67–71
- Ikeda S, Tomura K, Lin L, Kreft I (2004) Nutritional characteristics of minerals in Tartary buckwheat. *Fagopyrum* 21:79–84

- Ikeda S, Yamashita Y, Kusumoto K, Kreft I (2005) Nutritional characteristics of minerals in various buckwheat groats. *Fagopyrum* 22:71–75
- Ikeda S, Yamashita Y, Tomura K, Kreft I (2006) Nutritional comparison in mineral characteristics between buckwheat and cereals. *Fagopyrum* 23:61–65
- Im JS, Huff HE, Hsieh F (2003). Effects of processing conditions on the physical and chemical properties of buckwheat grit cakes. *J Agric Food Chem* 51:659–666
- Iwami K (1998) Antitumor effects of resistant proteins in soybean. *FOOD Style* 21: 44–46
- Izydorczyk M, Symons SJ, Dexter GE (2002) Fractionation of wheat and barley. In: Marquart L, Slavin JL, Fulcher R (eds) *Whole Grain Foods in Health and Disease*, St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp 47–82
- Javornik B, Eggum BO, Kreft I (1981) Studies on protein fractions and protein quality of buckwheat. *Genetika* 13:115–118
- Javornik B, Kreft I (1984) Characterization of buckwheat proteins. *Fagopyrum* 4:30–38
- Јањић В, Пржуљ Н (2020) Глобални природни фактори који ограничавају биљну производњу. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници) *Од генетике и спољне средине до хране*. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија XLI:1–33
- Jiang P, Burczynski F, Campbell C, Pierce G, Austria JA, Briggs CJ (2007) Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. *Food Res Int* 40:356–364
- Jin J, Li D, Chen S, Li B (2018) A common *Bistorta* was misidentified as a novel species in *Fagopyrum* (Polygonaceae): the confirmation of the taxonomic identify of *F. hailuogouense* by morphological and molecular evidences. *Phytotaxa* 348:221–228
- Jovović Z, Anđelković V, Pržulj N, Mandić D (2020) Untapped Genetic Diversity of Wild Relatives for Crop Improvement In: Salgotra RK, Zargar SM (eds) *Rediscovery of Genetic and Genomic Resources for Future Food Security*. Springer, Nature Singapore Pte Ltd. 2020 25, pp 25-65. doi:org/10.1007/978-981-15-0156-2_2
- Joshi BD, Rana JC (1995) Stability analysis in buckwheats (*Fagopyrum* species). *Indian J Agric Sci* 65:588–590
- Kato N, Kayashita J, Tomotake H (2001) Nutritional and physiological functions of buckwheat protein. *Recent Research and Developmental Nutrition* 4:113–119
- Kayashita J, Shimaoka I, Nakajyoh M (1995) Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol-enriched diets. *Nutr Res* 15:691–698
- Kayashita J, Shimaoka I, Nakajyoh M, Kato N (1996) Feeding of buckwheat protein extract reduces hepatic triglyceride concentration, adipose tissue weight, and hepatic lipogenesis in rats. *J Nutr Biochem* 7:555–559
- Kim SL, Son YK, Hwang JJ, Kim SK, Hur HS, Park CH (2001) Development and utilization of buckwheat sprouts as functional vegetables. *Fagopyrum* 18:49–54

- Kim SL, Kim SK, Park CH (2004) Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res Int* 37:319–327
- Kim YK, Xu H, Park WT, Park NI, Lee SY, Park SU (2010) Genetic transformation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) with *Agrobacterium rhizogenes* and production of rutin in transformed root cultures. *Aust J Crop Sci* 4(7):485–490
- Kitabayashi H, Ujihara A, Hirose T, Minami M (1995) Varietal differences and heritability for rutin content in common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench. *Jpn J Breed* 45:75–79
- Konishi T, Yasui Y, Ohnishi O (2005) Original birthplace of cultivated common buckwheat inferred from genetic relationships among cultivated populations and natural populations of wild common buckwheat revealed by AFLP analysis. *Genes Genet Syst* 80:113–119
- Kreft I (1983). Buckwheat breeding perspectives. In: Nagatomo T, Adachi T (eds) *Buckwheat Research 1983: Proceedings of the 2nd International Symposium on Buckwheat held in Miyazaki*, pp 3–11, Japan, Sept. 7–10 1983
- Kreft S, Knapp M, Kreft I (1999) Extraction of rutin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds and determination by capillary electrophoresis. *J Agric Food Chem* 47:4649–4652
- Kreft S, Strukelj B, Gaberscik A, Kreft I (2002) Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *J Exp Bot* 53:1801–1804
- Kreft I, Germ M (2008) Organically grown buckwheat as a healthy food and a source of natural antioxidants. *Agronomski Glasnik* 4:397–406
- Krskoskova B, Mrazova Z (2005) Prophylactic components of buckwheat. *Food Res Int* 38:561–568
- Kuntić V, Filipović I, Vujić Z (2011) Effects of rutin and hesperidin and their Al(III) and Cu(II) complexes on in vitro plasma coagulation assays. *Molecules* 16:1378–1388
- Lachmann S, Adachi T (1990) Studies on the influence of photoperiod and temperature on floral traits in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) under controlled stress conditions. *Plant Breed* 105:248–253
- Landberg R, Sun Q, Rimm EB, Cassidy A, Scalbert A, Mantzoros CS, Hu FB, van Dam RM (2011) Selected dietary flavonoids are associated with markers of inflammation and endothelial dysfunction in U.S. women. *J Nutr* 141:618–625
- Li SQ, Zhang QH (2001) Advances in the development of functional foods from buckwheat – Critical Reviews. *Food Sci Nutr* 41:451–464
- Lin LY, Liu HM, Yu YW, Lin SD, Mau JL (2009) Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chem* 112:987–991
- Lintschinger J, Fuchs N, Moser H, Jager R, Hlebeina T, Markolin G, Gossler W (1997) Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. *Plant Foods Hum Nutr* 50:223–237
- Lipkin M, Reddy B, Newmark H, Lamprecht SA (1999) Dietary factors in human colorectal cancer. *Annu Rev Nutr* 19:545–586

- Liu Z, Ishikawa W, Huang X, Tomotake H, Kayashita J, Watanabe H, Kato N (2001) A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation. *J Nutr* 131: 1850–1853.
- Lorenz K, Dilsaver W (1982) Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch – physicochemical properties and functional-characteristics. *Starch* 34:217–220
- Mazza G (1988) Lipid-content and fatty-acid composition of buckwheat seed. *Cereal Chem* 65:122–126
- Mendonça S, Saldiva PH, Cruz RJ, Arêas JAG (2009) Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. *Food Chem* 116:738–742
- Mehta RS (2005) Dietary fibre benefits. *Cereal Foods World* 50:66–71
- Michalova A, Dotlacič L, Cejka L (1998) Evaluation of common buckwheat cultivars. *Rost Vyroba* 44:361–368
- Morishita T, Yamaguchi H, Degi K (2007) The contribution of polyphenols to antioxidative activity in common buckwheat and tartary buckwheat grain. *Plant Prod Sci* 10:99–104
- Mukasa Y, Suzuki T, Honda Y (2009) Suitability of ricetartary buckwheat for crossbreeding and for utilization of rutin. *JARQ – Jpn Agric Res Q* 43:199–206
- Nandan A, Koirala P, Tripathi AD, Vikranta U, Shah K, Gupta AJ, Agarwal A, Nirmal N (2024) Nutritional and functional perspectives of pseudocereals *Food Chem* 448:139072
- Ogungbenle HN (2003) Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *Int J Food Sci Nutr* 54:153–158
- Ookubo K (1992) Nutrition and functionality of soybean. In Yamauchi F, Ookubo K (eds) *Science of Soybean*, Tokyo: Asakura-Shoten Press, pp 57–75
- Oomah BD, Mazza G (1996) Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *Journal of Agricultural and Food Chem* 44:1746–1750
- Ohsawa R, Tsutsumi T (1995) Inter-varietal variations of rutin content in common buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Euphytica* 86:183–189
- Ohnishi O, Matsuoka Y (1996) Search for the wild ancestor of buckwheat. Taxonomy of *Fagopyrum* (Polygonaceae) species based on morphology, isozymes and cpDNA variability. *Genes Genet Syst* 71:383–390
- Ohnishi O (1998a) Search for the wild ancestor of buckwheat I. Description of new *Fagopyrum* (Polygonaceae) species and their distribution in China and the Himalayan hills. *Fagopyrum* 15:18–28
- Ohnishi O (1998b) Search for the wild ancestor of buckwheat III. The wild ancestor of cultivated common buckwheat, and of Tartary buckwheat. *Econ Bot* 52:123–133
- Park JW, Kang DB, Kim CW, Ko SH, Yum HY, Kim KE, Hong CS, Lee KY (2000) Identification and characterization of the major allergens of buckwheat. *Allergy* 55:1035–1041
- Park BJ, Park JI, Chang KJ, Park CH (2004) Comparison in rutin content in seed and plant of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). In: Faberová I, Dvůráček V, Cepková P, Hon I, Holubec V, Stehno Z (eds) *Advances in Buckwheat*

- Research: Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat, Prague, 18–22 August 2004 Prague, Czech Republic: Research Institute of Crop Production, pp 626–629
- Park NI, Li X, Uddin MR, Park SU (2011) Phenolic compound production by different morphological phenotypes in hairy root cultures of *Fagopyrum tataricum* Gaertn. Arch Biol Sci 63:193–198
- Paulícková I, Vyzralova K, Holasova M, Fiedlerová V, Vavreinová, S. (2004) Buckwheat as functional food. In: Faberová I, Dvoráček V, Cepková P, Hon I, Holubec V (eds) International Symposium on Buckwheat, pp 587–592. Prague, Czech Republic: Research Institute of Crop Production.
- Pirzadah TB, Malik B (2020) Pseudocereals as super foods of 21st century: Recent technological interventions Journal of Agriculture and Food Research 2:100052
- Poshadri A, Deshpande HW, Kshirsagar RB (2024) Pseudocereals: Development of functional foods, their properties, challenges, and opportunities in food processing industry. Int Food Res J 31(2):266–275
- Pržulj N, Momčilović V (2003) Dry matter and nitrogen accumulation and use in spring barley. Plant Soil Environ 49(1)36–47
- Pržulj N, Momčilović V, Nožinić M, Simić J (2012) Ancient small grain cereals for ecological agriculture. In: Živanović M (Ed) The First International Congress of Ecologist Ecological Spectrum 2012, Conference proceedings of the University of business studies Banja Luka pp. 1203–1218, Banja Luka, 20–21 april 2012
- Пржуљ Н, Јововић З (2020) Оплеменењивање биљака за услове суше. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници) Од генетике и спољне средине до хране. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија XLI:127–180
- Pržulj N, Jovović Z, Velimirović A (2020) Breeding small grain cereals for drought tolerance in a changing climate. Agriculture and Forestry 66(2):109–123
- Przybylski R, Lee YC, Eskin NAM (1998) Antioxidant and radical-scavenging activities of buckwheat seed components. Journal of the American Oil Chemists' Society 75:1595–1601
- Qin P, Wang Q, Shan F, Hou Z, Ren G (2010) Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars. International Journal of Food Science and Technology 45:951–958
- Quettier-Deleu C, Gressier B, Vasseur J, Dine T, Brunet C, Luyckx M, Cazin M, Cazin JC, Bailleul F, Trotin F (2000) Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. J Ethnopharmacol 72:35–42
- Radovic RS, Maksimovic RV, Brkljacic MJ, Varkonji Gasic IE, Savic PA (1999) 2S albumin from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds. J Agric Food Chem 47:1467–1470
- Ranhotra GS, Gelroth JA, Glaser BK, Lorenz KJ, Johnson DL (1993) Composition and protein nutritional quality of quinoa. Cereal Chem 70:303–305

- Ren W, Qiao Z, Wang H, Zhu L, Zhang L, Lu Y, Zhang Z, Wang Z (2003) Molecular basis of Fas and cytochrome c pathways of apoptosis induced by tartary buckwheat flavonoid in HL-60 cells. *Methods Find Exp Clin Pharmacol* 25:431–436
- Roy M, Dutta H, Jaganmohan R, Choudhury M, Kumar N, Kumar A (2019) Effect of steam parboiling and hot soaking treatments on milling yield, physical, physicochemical, bioactive and digestibility properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.). *J Food Sci Technol* 56(7):3524–3533
- Saeki Y, Shiozawa K, Yanagisawa K, Shibata T (1990) Adrenaline increases the rate of cross-bridge cycling in rat cardiac muscle. *J Mol Cell Cardiol* 22:453–460
- Satoh R, Koyano S, Takagi K, Nakamura R, Teshima R, Sawada J (2008) Immunological characterization and mutational analysis of the recombinant protein BWp16, a major allergen in buckwheat. *Biol Pharm Bull* 31:1079–1085
- Sensoy I, Rosen RT, Ho CT, Karwe MV (2006) Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chem* 99:388–393
- Skrabanja V, Kreft I (1998) Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats. An in vitro study. *J Agric Food Chem* 46:2020–2023
- Skrabanja V, Kreft I, Golob T, Modic M, Ikeda S, Ikeda K, Kreft S, Bonafaccia G, Knapp M, Kosmelj K (2004) Nutrient content in buckwheat milling fractions. *Cereal Chem* 81:172–176
- Smith HL (1909) Buckwheat poisoning with report of a case in man. *Arch Intern Med* 3:350–359
- Soral-Smietana M, Fornal L, Fornal J (1984) Characteristics of buckwheat grain starch and the effect of hydrothermal processing upon its chemical composition, properties and structure. *Starch* 36:153–158
- Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE, Obendorf RL (2001a) Buckwheat seed milling fractions: description, macronutrient composition and dietary fibre. *J Cereal Sci* 33:271–278
- Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE, Obendorf RL (2001b) Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *J Sci Food Agric* 81:1094–1100
- Sun T, Ho CT (2005) Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chem* 90:743–749
- Takahama U, Hirota S (2010) Fatty acids, epicatechindimethylgallate, and rutin interact with buckwheat starch inhibiting its digestion by amylase: implications for the decrease in glycemic index by buckwheat flour. *J Agric Food Chem* 58:12431–12439
- Tang C-H, Wang X-Y (2010) Physicochemical and structural characterisation of globulin and albumin from common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seeds. *Food Chem* 121:119–126

- Tian Q, Li D, Patil BS (2002) Identification and determination of flavonoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench, Polygonaceae) by high-performance liquid chromatography with electrospray ionisation mass spectrometry and photodiode array ultraviolet detection. *Phytochem Anal* 13:251–256
- Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Yokoyama F, Nakajoh M, Kato N (2000) A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters. *J Nutr* 130:1670–1674
- Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Yokoyama F, Nakajoh M, Kato N (2001). Stronger suppression of plasma cholesterol and enhancement of the fecal excretion of steroids by a buckwheat protein product than by a soy protein isolate in rats fed on a cholesterol-free diet. *Biosci Biotechnol Biochem* 65:1412–1414
- Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Nakajoh M, Kato N (2002) Physico-chemical and functional properties of buckwheat protein product. *J Agric Food Chem* 50:2125–2129
- Tohgi K, Kohno K, Takahashi H, Matsuo H, Nakayama S, Morita E (2011) Usability of Fag e 2 ImmunoCAP in the diagnosis of buckwheat allergy. *Arch Derm Res* 303:635–642
- Tsuji K, Ohnishi O (2000) Origin of cultivated Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) revealed by RAPD analyses. *Genet Resour Crop Evol* 47:431–438
- Tsuji K, Ohnishi O (2001) Phylogenetic relationships among wild and cultivated Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaert.) populations revealed by AFLP analyses. *Genes Genet Syst* 78:47–52
- Tsuzuki W, Ogata Y, Akasaka K, Shibata S, Suzuki T (1991). Fatty-acid composition of selected buckwheat species by fluorometric high-performance liquid chromatography. *Cereal Chem* 68:365–369
- Fabjan N, Rode J, Kosir IJ, Wang ZH, Zhang Z, Kreft I (2003) Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *J Agric Food Chem* 51:6452–6455
- Farrell DJ (1978) A nutritional evaluation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Animal Feed Science and Technology* 3:95–108
- Fonteles MC, Almeida MQ, Lerner J (2000) Antihyperglycemic effects of 3-O-methyl-D-chiro-inositol and D-chiro-inositol associated with manganese in streptozotocin diabetic rats. *Horm Metab Res* 32:129–132
- Fotsis T, Pepper MS, Aktas E, Breit S, Rasku S, Adlercreutz H, Wahala K, Montesano R, Schweigerer L (1997) Flavonoids, dietary-derived inhibitors of cell proliferation and in vitro angiogenesis. *Cancer Res* 57:2916–2921
- Hagels H (1999) *Fagopyrum esculentum* Moench. Chemical review. *Zbornik BFUL* 73:29–38

- Hagels H (2007) Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe des Buchweizen (Secondary plant compounds of buckwheat: the effects of rutin, extraction of rutin from buckwheat leaves). In: Kreft I, Ries C, Zewen C (eds), Das Buchweizen Buch: mit Rezepten aus aller Welt, pp. 103–109. Arzfeld, Luxemburg: Islek ohne Grenzen
- He J, Klag M, Helton PK, Mo JP, Chen JY, Qian MC, Mo, PS, He GQ (1995) Oats and buckwheat intakes and cardiovascular disease risk factors in an ethnic minority of China. *Am J Clin Nutr* 61:366–372
- Holasova M, Fiedlerova V, Smrcinova H, Orsak M, Lachman J, Vavreinova S (2002) Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Res Int* 35:207–211
- Horbowicz M, Obendorf RL (1992) Changes in sterols and fatty-acids of buckwheat endosperm and embryo during seed development. *J Agric Food Chem* 40:745–750
- Horbowicz M, Brenac P, Obendorf RL (1998) Fagopyritol B1, O-alpha-D-galactopyranosyl-(1-2)-Dchiro-inositol, a galactosyl cyclitol in maturing buckwheat seeds associated with desiccation tolerance. *Planta* 205:1–11
- Hung PV, Morita N (2008) Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities. *Food Chem* 109:325–331
- Hunt HV, Shang X, Jones MK (2017) Buckwheat: a crop from outside the major Chinese domestication centres? A review of the archaeobotanical, palynological and genetic evidence. *Veg Hist Archaeobot* 27(3):493–506. doi:10.1007/s00334-017-0649-4
- Huff MW, Carroll KK (1980) Effects of dietary protein on turnover, oxidation, and absorption of cholesterol, and on steroid excretion in rabbits. *J Lipid Res* 21:546–558
- Campbell CG (1997) Buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops 19. Rome, Italy, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute.
- Cassidy A, BINGHAM SA, Cummings JH (1994) Starch intake and colorectal cancer risk: an international comparison. *Br J Cancer* 69:937–942
- Cawoy V, Kinet JM, Jacquemart AL (2008) Morphology of nectaries and biology of nectar production in the distylous species *Fagopyrum esculentum*. *Ann Bot* 102:675–684
- Chao PDL, Hsiu SL, Hou YC (2002) Flavonoids in herbs: biological fates and potential interactions with xenobiotics. *J Food Drug Anal* 10:219–228
- Che CC, Huang YL, Huang FI, Wang CW, Ou JC (2001) Water-soluble glycosides from *Ruta graveolens*. *J Nat Prod* 64:990–992
- Cid MB, Alfonso F, Martin-Lomas M (2004) Synthesis of fagopyritols A1 and B1 from D-chiro-inositol. *Carbohydr Res* 339:2303–2307

- Czerwinski J, Bartnikowska E, Leontowicz H, Lange E, Leontowicz M, Katrich E, Trakhtenberg S, Gorinstein S (2004) Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J Nutr Biochem* 15:622–629
- Wang K-J, Zhang Y-J, Yang C-R (2005) Antioxidant phenolic constituents from *Fagopyrum dibotrys*. *J Ethnopharmacol* 99:259–264
- Watanabe M (1998) Catechins as antioxidants from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats. *J Agric Food Chem* 46:839–845
- Wijngaard HH, Arendt EK (2006) Buckwheat. *Cereal Chem* 83:391–401
- Ye NG, Guo GQ (1992) Classification, origin and evolution of genus *Fagopyrum* in China. In: Lin R, Zhou M, Tao Y, Li J, Zhang Z (eds) *Proceedings of the 5th International Symposium on Buckwheat*, Taiyuan, China, pp. 19–28. Beijing: Chinese Agricultural Publishing House
- Yildizoglu-Ari N, Altan VM, Altinkurt O, Öztürk Y (1991) Pharmacological effects of rutin. *Phytother Res* 5:19–23

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) – A Plant Species with High Nutritional and Nutraceutical Potential

Novo Pržulj, Ana Velimirović, Zoran Jovović

Summary

Abstract. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) is classified as a pseudocereal due to its similarities in usage and chemical composition with conventional cereals. Two species—common buckwheat (*F. esculentum*) and Tartary buckwheat (*F. tataricum*)—are used in human nutrition, while the wild species *F. cymosum* is used as animal feed and in the pharmaceutical industry for drug production. Buckwheat grain contains various nutrients—proteins, polysaccharides, dietary fiber, lipids, rutin, polyphenols, minerals, and vitamins. Hulled buckwheat groats contain about 55% starch, 12% protein, 7% total dietary fiber, 4% lipids, 2% soluble carbohydrates, and 18% other compounds such as organic acids, phenolic compounds, tannins, phosphorylated sugars, nucleotides, and nucleic acids. Buckwheat starch consists of about 25% amylose and 75% amylopectin. Due to its well-balanced amino acid profile, buckwheat proteins have high biological value, though their main drawback is low digestibility. Buckwheat is gluten-free, making its flour suitable for individuals with celiac disease. Buckwheat bran is a rich source of dietary fiber. The major fatty acids in common buckwheat include palmitic, oleic, linoleic, stearic, linolenic, arachidic, behenic, and lignoceric acid. Compared to other cereals, buckwheat contains higher levels of vitamins B1, B2, B3, and E.

Buckwheat bran containing hulls has about 40% fiber, 25% of which is soluble, while dehulled bran contains about 16% fiber, 75% of which is soluble. The primary antioxidants in buckwheat include condensed catechins, phenolic acids, rutin, quercetin, and hyperin. Various biological functions, such as antimutagenic, anticancer, and anti-aging effects, result from the antioxidant activity of these compounds. Buckwheat grain and hulls contain flavonoids and flavones, phenolic acids, condensed tannins, phytosterols, fagopyrins, resistant starch, dietary fiber, lignans, plant sterols, vitamins, and minerals, all of which have specific biological activities. Buckwheat grain contains 2–5 times more phenolic compounds than oats or barley, and its bran and hulled grains exhibit 2–7 times higher antioxidant activity compared to those cereals.

Buckwheat proteins are the most effective among plant proteins in reducing cholesterol levels. Dietary fibers promote satiety and weight loss and may mitigate the development of colon cancer. Soluble fibers lower blood cholesterol

levels, reduce the risk of ischemic heart disease, and decrease postprandial glycemia. Flavonoids are known for their effectiveness in reducing cholesterol, strengthening and maintaining the flexibility of capillaries and arteries, lowering high blood pressure, and reducing the risk of atherosclerosis. Rutin exhibits antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer effects, enhances vascular elasticity, aids in treating circulatory disorders and atherosclerosis, reduces blood pressure, protects against gastric lesions, lowers plasma cholesterol, and shields the body from oxidative stress. Fagopyrins found in buckwheat may be used in the treatment of type 2 diabetes. It is recommended to incorporate buckwheat flour into baked goods and confectionery products made from other cereals to enhance their nutritional value and thus improve public health.

This paper summarizes the available data on key aspects related to the functional potential of buckwheat, emphasizing its significance as a potential functional food and a plant with nutraceutical properties.

Keywords: Origin, Chemical Composition, Nutraceutical Properties, Dietary Fiber, Resistant Starch, Antioxidants, Flavonoids, Rutin, Fagopyrins, Fagopyritols, Allergies