

Pomen čebeljih pridelkov v humani prehrani

Mojca KOROŠEC^{1,2}, Jasna BERTONCELJ¹

Delo je prispelo 19. decembra 2017, sprejeto 15. maja 2020.
Received December 19, 2017; accepted May 15, 2020.

Pomen čebeljih pridelkov v humani prehrani

Izvleček: Čebelji pridelki so naraven vir hranil in biološko aktivnih spojin, ki se uvrščajo tudi na sezname funkcionalnih sestavin. V prehrani uporabljamo predvsem med in v manjši meri cvetni prah osmukanec in matični mleček. Propolis in čebelji strup se zaradi terapevtskih lastnosti uporabljata predvsem v apiterapiji. Od osnovnih hranil je med predvsem vir sladkorjev, cvetni prah in matični mleček pa poleg teh vsebujeta še beljakovine in maščobe, cvetni prah pa tudi prehransko vlaknino. Čebelji pridelki v manjših količinah vsebujejo še bioaktivne spojine, ki imajo antioksidativno, protimikrobno, protivnetno in protivirusno delovanje. Za med so med drugim značilne fenolne spojine, proteini matičnega mlečka, oligosaharidi. Matični mleček vsebuje specifične maščobne kisline, vključno z 10-hidroksi-2-decenojsko kislino, bioaktivne peptide, proteine, v cvetnem prahu pa so različni vitamini, fenolne spojine, nenasičene maščobne kisline in druge spojine. Potrebne pa so nadaljnje raziskave in klinične študije za ovrednotenje učinkovitosti čebeljih pridelkov ter ozaveščanje potrošnikov o pomenu njihovega uživanja. Med, cvetni prah osmukanec in matični mleček so naravna živila, ki zaradi svoje sestave lahko pripomorejo k doseganju priporočenih dnevnih vnosov osnovnih hranljivih snovi, hkrati pa so lahko vir pomembnih bioaktivnih spojin, zato nedvomno sodijo v uravnoteženo prehrano človeka.

Ključne besede: živila; čebelji pridelki; med; cvetni prah osmukanec; matični mleček; prehrana ljudi; zdravje

The importance of bee products in human nutrition

Abstract: Bee products are a natural source of nutrients and biologically active compounds, which may also be found on the lists of functional ingredients. In our diets, mainly honey is used and to a lesser extent bee pollen and royal jelly. Propolis and bee venom are mainly used in apitherapy due to their therapeutic properties. Regarding the basic nutrients, honey is primarily a source of sugars, while protein and fat contents are considerable in royal jelly and pollen, which also contains dietary fiber. Bee products also contain small amounts of bioactive compounds that have antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and antiviral effects. Honey is characterized by, among others, phenolic compounds, royal jelly proteins, oligosaccharides. Royal jelly contains specific fatty acids, including 10-hydroxy-2-decenoic acid, bioactive peptides, major royal jelly proteins, and pollen contains various vitamins, phenolic compounds, amino acids, unsaturated fatty acids. However, further research and clinical studies are needed to evaluate the effectiveness of bee products and to raise consumer awareness of the importance of their consumption. Honey, bee pollen and royal jelly are natural foods, which due to their composition may help to achieve the recommended daily intake of basic nutrients, and may also serve as a source of important bioactive compounds, and therefore undoubtedly belong to a balanced diet.

Key words: food; bee products; honey; bee pollen; royal jelly; human nutrition; health

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Ljubljana, Slovenija

² Korespondenčna avtorica, e-naslov: mojca.korosec@bf.uni-lj.si

1 UVOD

Način prehranjevanja lahko pomembno vpliva na zdravje. Naravna živila in naravna prehranska dopolnila imajo v današnjem času pomembno mesto v prehrani ljudi. Del naravnih živil oz. dopolnil predstavljajo tudi čebelji pridelki, med, cvetni prah osmukanec, matični mleček in propolis. Ti pridelki imajo različno vlogo v čebelji družini, zaradi hranilne vrednosti in ugodnih funkcionalnih lastnosti pa se pogosto uporabljajo tudi v prehrani ljudi. Poleg medu, ki je v prehrani poznan že iz pradavnine, in je najbolj uporabljen čebelji pridelek, se v zadnjem času povečuje tudi uporaba cvetnega prahu in matičnega mlečka, slednjega zlasti v obliki prehranskih dopolnil. Propolis in čebelji strup se zaradi terapevtskih lastnosti uporabljata predvsem v apiterapiji (Bogdanov, 2011; Yucel in sod., 2017). Čebelji pridelki imajo visoko biološko vrednost zaradi vsebnosti hranilnih snovi in bioaktivnih spojin. Njihova zastopanost je odvisna od botaničnega in geografskega porekla, podnebnih razmer, postopkov čebelarjenja in skladiščenja čebeljih pridelkov. V vsakdanji prehrani ljudje najpogosteje posegajo po medu, ki ga uživajo samega ali kot sladilo za slajenje pijač in nekaterih drugih živil. Cvetni prah in matični mleček pa se uporabljata predvsem kot dodatek prehrani. Uporabnost čebeljih pridelkov se kaže tudi v možnosti njihovega dodajanja drugim živilom za povečanje vsebnosti bioaktivnih spojin v teh živilih in s tem večje protimikrobne in antioksidativne učinkovitosti (Viuda-Martos, 2008; Cornara in sod., 2017; Pasupuleti in sod., 2017). Prispevek povzema pridobivanje in sestavo čebeljih pridelkov ter možnost uporabe čebeljih pridelkov v vsakdanji prehrani, njihovo aplikacijo v živila in nekatere biološke lastnosti, ki lahko pozitivno delujejo na zdravje človeka.

2 PRIDOBIVANJE ČEBELJIH PRIDELKOV

2.1 PRIDOBIVANJE MEDU

Med je eno najbolj kompleksnih naravnih živil, je naravna sladka snov, ki jo izdelajo čebele *Apis mellifera* iz nektarja cvetov ali izločkov iz živih delov rastlin ali izločkov žuželk (uši, kaparjev), ki sesajo rastlinski sok na živih delih rastlin, ki jih čebele zberejo, predelajo z določenimi lastnimi snovmi, shranijo, posušijo in pustijo dozoreti v satju. Med pridobivamo iz satovja s centrifugiranjem, brez kakršnekoli obdelave, razen grobega filtriranja. Pravilnik o medu (2011) deli med glede na izvor na i) »med iz nektarja«, ki je pridobljen iz nektarja cvetov različnih rastlin, ter ii) »manin med«, ki je pridobljen predvsem iz izločkov insektov na živih delih rastlin ali izločkov živih

delov rastlin. Glede na vrsto paše ločimo različne vrste medu, najpogostejše vrste slovenskega medu so podane v preglednici 1. Če so čebele nabrale nektar ali mano pretežno na eni rastlinski vrsti in med izhaja v celoti ali pretežno iz navedenega izvora, in ima njegove senzorične, fizikalno-kemijske in mikroskopske lastnosti, se ime med lahko dopolni z navedbo oznake, ki se nanaša na izvor iz cvetov ali rastlin (Pravilnik o medu, 2011).

Preglednica 1: Vrste slovenskega medu glede na pašo

Table 1: Types of Slovenian honey regarding the pasture source

Vrsta paše	Vrsta medu
Nektar	akacijev med (<i>Robinia pseudoacacia</i>) med oljne ogrščice (<i>Brassica napus</i>) ajdov med (<i>Fagopyrum esculentum</i>) rešeljikov med (<i>Prunus mahaleb</i>) regratov med (<i>Taraxacum officinale</i>) cvetlični med
Nektar in/ali mana	lipov med (<i>Tilia</i> sp.) kostanjev med (<i>Castanea sativa</i> Mill.) javorjev med (<i>Acer pseudoplatanus</i> L., <i>A. platanoides</i> L.)
Mana	smrekov med (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) hojev med (<i>Abies alba</i> Mill.) gozdni med

Po podatkih Statističnega urada RS je v Sloveniji povprečna količina proizvedenega medu 1.800 ton letno. Zaradi dolge tradicije čebelarstva v Sloveniji se večina slovenskega medu porabi doma, delež uvoženega medu predstavlja le 14 %. Po podatkih iz bilance medu se poraba medu v Sloveniji povečuje. Od leta 2000, ko je ocenjena poraba medu na prebivalca znašala nekaj več kot 1 kilogram, se je v zadnjih letih povečala na približno 1,4 kilograma. Povečuje se tudi uvoz medu, saj je domača pridelava medu manjša od skupne porabe. V zadnjih letih uvozimo največ medu iz Hrvaške, Madžarske in Nemčije, izvažamo pa ga v Italijo, Belgijo in Avstrijo (Statistični urad RS, 2019).

2.2 PRIDOBIVANJE CVETNEGA PRAHU OSMUKANCA

Cvetni prah ali pelod je značilen za vsako posamezno cvetočo rastlinsko vrsto. Je osnova spolnega razmnoževanja rastlin, saj vsebuje moške oplodjevalne celice rastlin. Čebelji cvetni prah se lahko pridobiva na dva načina, kot izkopanec ali kot osmukanec. Čebele so ana-

tomsko prilagojene za nabiranje cvetnega prahu. Pri letu s cveta na cvet se jim cvetni prah oprijema telesa, pokritega z dlačicami, dodajo mu slino in nektar (ali med) iz medenega želodčka ter ga s posebnimi gibi nog zbirajo v koških na zunanji stran nog in prinašajo v panj (Kandolf, 2011). Čebelji prah izkopenec izkopljemo direktno iz čebeljega satja, v katerem je cvetni prah že fermentiran, saj v odsotnosti kisika pride do mlečnokislinskega vrenja. Vendar je to zelo zamudno, količina izkopenca je tudi zelo majhna, zato so oblikovali posebne naprave, osmukalnice, s katerimi se pridobiva cvetni prah osmukanec. Osmukalnice namestimo pred vhodom v panj, čebelam pa pri prehodu skozenj iz nožic v zbiralnik odpade nabran cvetni prah (Pucihar, 2017).

Cvetni prah osmukanec je svež čebelji pridelek, ki vsebuje veliko vode (20–30 g/100 g), v kombinaciji z visoko hranilno vrednostjo predstavlja idealen vir za razvoj plesni. Zato je potrebno cvetni prah po pobiranju ustrezno predelati in shraniti. Najpogosteje ga stabiliziramo s sušenjem, lahko ga vmešamo tudi v med, zamrznemo ali liofiliziramo (Potokar, 2010). Kakovost cvetnega prahu najbolj ohranimo, če ga svežega nemudoma shranimo v zmrzovalnik (–18 °C), na ta način uničimo tudi morebitne prisotne insekte in mikroorganizme. Po odtalitvi cvetnega prahu je pomembno, da ga takoj porabimo ali ga posušimo v električnih sušilnikih, kjer vlaga enakomerno izhlapeva in temperatura ne presega 40 °C, da preprečimo izgubo vitaminov ter hlapnih snovi, ki prispevajo k oblikovanju arome. Cvetni prah je stabilen, ko vsebuje okoli 4–8 g vode/100 g. Manjša vsebnost vode ni priporočljiva, saj postane senzorično manj sprejemljiv ter težje prebavljiv (Campos in sod., 2008; Bogdanov, 2011). Posušen cvetni prah se lahko skladišči na sobni temperaturi tudi do enega leta in pol, brez spremembe senzoričnih in mikrobioloških lastnosti. Za ohranitev bioaktivnih spojin je priporočljivo skladiščenje v temnem in suhem prostoru, pri nižjih temperaturah (Bogdanov, 2011).

2.3 PRIDOBIVANJE MATIČNEGA MLEČKA

Matični mleček je izloček krmilnih in mandibularnih žlez mladih čebel delavk (čebel dojilj). Z matičnim mlečkom hranijo vse čebele ličinke tri dni, po tretjem dnevu pa samo ličinko, iz katere se bo razvila matica. Matica se celo življenje prehranjuje samo z matičnim mlečkom. Matični mleček pridobivajo tako, da čebelji družini brez matice dodajo umetne letvice z matičnimi nastavki, v katere cepijo en dan stare čebele ličinke, z namenom da jih čebele dojilje preskrbijo z matičnim mlečkom. Večina proizvajalcev matičnega mlečka le-tega pobere tri dni po cepitvi ličink, ker je količina proizvedenega matičnega

mlečka takrat največja (Zheng in sod., 2010; Bogdanov, 2011).

2.4 PRIDOBIVANJE PROPOLISA

Propolis sestavljajo različne rastlinske smole, ki jih čebele nabirajo na smolnatih popkih dreves, predvsem topola in breze. Dodajo še izločke svojih žlez slinavk in vosek, da postane propolis bolj lepljiv (Huang in sod., 2014; Pasupuleti in sod., 2017). V čebelji družini ima propolis pomembno zaščitno vlogo, čebele ga uporabljajo za premaz svojega bivališča, za zadelovanje notranjih špranj in razpok ter za utrjevanje satja. Čebele s propolisom zavarujejo svoje bivališče pred mikroorganizmi in mumificirajo večje tuje v čebelji družini, ki jih fizično ne morejo odstraniti iz panja. Pridobivanje tega čebeljega pridelka je zelo zahtevno, z uporabo posebnih namenskih mrežic iz živilsko neoporečnih materialov, ki jih vstavimo v panj. Te morajo biti mehansko odporne, zdržati morajo različna upogibanja in trenja, tudi po zamrznitvi. Ko mrežice odstranimo iz panjev, jih zavijemo v živilsko folijo, zamrznemo ter nato z njih postrgamo propolis. Iz njega odstranimo vosek, delce čebel in lesene delce. Iz tako pridobljenega propolisa običajno pripravimo etanolno tinkturo (Samec, 2013).

3 SESTAVA ČEBELJIH PRIDELKOV

3.1 SESTAVA MEDU

Med je kompleksna naravna mešanica ogljikovih hidratov in drugih spojin, glede na rezultate znanstvenih raziskav vsebuje preko 200 fitokemijskih spojin. Na njegovo sestavo vplivajo različni dejavniki, kot so botanično in geografsko poreklo, klimatske razmere, postopki čebelarjenja, ravnanje z medom in tudi pogoji skladiščenja. Posledica vseh teh dejavnikov je velika raznolikost vrst medu na tržišču (Bogdanov in sod., 2008; Korošec in sod., 2016; Bobiș in sod., 2017). Med je lahko tekoč ali kristaliziran, odvisno od vsebnosti vode in razmerja med glavnima sladkorjema v medu, fruktozo in glukozo. Med vsebuje tudi druge ogljikove hidrate, di- in tri-saharide. Poleg tega pa so v medu tudi beljakovine, proste aminokisliline, organske kisline, fenolne spojine (fenolne kisline in flavonoidi), različni encimi, vitamini in tudi mnogi minerali. Vsebnost glavnih komponent (ogljikovih hidratov) in minornih komponent, pelodnih zrn, aktivnost encimov, vsebnost bioaktivnih spojin (flavonoidov in fenolnih kislin) in senzorične lastnosti medu vplivajo na kakovost in funkcionalne lastnosti tega čebeljega pridelka (Bogdanov, 2008; Viuda-Martos in sod., 2008; Alva-

Preglednica 2: Osnovna sestava različnih vrst slovenskega medu**Table 2:** The basic composition of Slovenian honey types

Vrsta medu	Voda (g/100 g)	Sladkorji			Beljakovine (g/100 g)	Prolin (mg/kg)
		Fruktoza (g/100 g)	Glukoza (g/100 g)	Saharoza (g/100 g)		
akacijev	13,5–17,5	33,6–45,1	21,9–31,3	2,12–8,28	0,13–0,21	197–447
lipov	14,5–17,8	33,0–43,0	29,5–39,3	0,09–3,51	0,13–0,24	225–398
kostanjev	13,7–18,2	27,7–44,9	17,4–32,7	2,02–3,29	0,31–0,40	457–776
hojev	13,8–17,7	28,1–35,0	23,6–29,6	1,00–4,89	0,18–0,36	323–506
smrekov	14,3–18,5	28,1–42,8	23,1–30,9	1,23–3,75	0,18–0,38	231–495
cvetlični	14,4–18,0	33,2–39,2	28,5–35,5	1,32–4,35	0,18–0,42	309–534
gozdni	13,5–17,0	24,9–36,4	22,9–31,6	1,72–4,61	0,20–0,49	322–461

rez-Suarez in sod., 2009; Yucel in sod., 2017; Korošec in sod., 2017; Combarros-Fuertes in sod., 2019).

Osnovna sestava različnih vrst slovenskega medu je podana v preglednici 2. Vsebnost vode je eden najpomembnejših parametrov kakovosti medu, je zakonsko omejena, in sicer je v medu lahko največ 20 g/100 g vode (Pravilnik o medu, 2011). Običajno vsebnost vode v medu ni problematična, v večini vzorcev slovenskega medu se giblje med 14 in 18 g/100 g. Med z večjim odstotkom vode je bolj tekoč in manj viskozen. Majhna vsebnost vode onemogoča rast ozmofilnih kvasovk in tako preprečuje morebitno fermentacijo medu.

Glavna sestavina medu so ogljikovi hidrati, ki zasedajo okoli 80 % delež, oziroma okrog 95 % suhe snovi v medu. Količina in razmerje med različnimi ogljikovimi hidrati v medu sta odvisna predvsem od botaničnega porekla, encimov, sestave in intenzivnosti izločanja nektarja, klimatskih razmer ter fiziološkega stanja in moči čebelje družine.

Sestava ogljikovih hidratov vpliva na fizikalnoke-mijske lastnosti, kot so viskoznost, kristalizacija in higroskopskost. Od sladkorjev prevladujeta glukoza in fruktoza, predstavljata od 65 do 90 % vseh ogljikovih hidratov v medu. Kot je razvidno iz preglednice 2, slovenski medovi vsebujejo od 24,9 do 45,1 g fruktoze/100 g in od 17,4 do 39,3 g glukoze/100 g (Korošec in sod., 2016). Podobne vrednosti navajajo za različne vrste medov tudi drugi avtorji (Bogdanov, 2008; Viuda-Martos in sod., 2008; Ajibola in sod., 2012). Disaharidi in oligosaharidi (trisaharidi) so v medu prisotni v precej manjših količinah, vendar je njihova vsebnost lahko kriterij za določanje botaničnega porekla in pristnosti medu. Saharoze sme biti do 5 g/100 g medu, oziroma v primeru nekaterih izjem, kot je akacijev med, do 10 g/100 g medu (Pravilnik o medu, 2011).

Glede na izvor medu, medovi iz nektarja običajno vsebujejo več monosaharidov. Pravilnik o medu (2011)

za medove iz nektarja navaja skupno vsebnost fruktoze in glukoze vsaj 60 g/100 g ter za medove iz mane vsaj 45 g/100 g. Medovi iz nektarja in medovi iz mane se običajno ne razlikujejo veliko v vsebnosti disaharidov, obstajajo pa razlike v vsebnosti nekaterih trisaharidov. Erlozo, maltotriozo in panozo vsebujejo tako nektarne kot manine vrste medu, medtem ko sta rafinoza in melecitoza značilni za manin med (preglednica 3). Prisotnost melecitoze v medu iz nektarja tako nakazuje, da je v medu prisotna tudi mana (Korošec in sod., 2016).

Preglednica 3: Vsebnost ogljikovih hidratov v slovenskem medu glede na izvor medu**Table 3:** Carbohydrate composition of Slovenian nectar and honeydew honey types

Ogljikovi hidrati	Povprečje ± SD (g/100 g)	
	med iz nektarja	med iz mane
Monosaharidi		
glukoza	29,38 ± 3,97	26,97 ± 2,43
fruktoza	37,27 ± 2,73	33,31 ± 3,64
Disaharidi		
saharoza	3,47 ± 1,50	3,03 ± 0,88
maltoza	2,11 ± 0,44	2,07 ± 0,67
palatinoza	0,89 ± 0,08	0,97 ± 0,23
turanoza	1,62 ± 0,25	1,83 ± 0,41
melibioza z gentiobiozo	1,86 ± 0,67	1,83 ± 0,54
Oligosaharidi (trisaharidi)		
panoza	0,59 ± 0,04	0,61 ± 0,06
erloza	1,60 ± 0,50	2,19 ± 1,03
rafinoza	< LOQ	2,21 ± 1,45
melecitoza	< LOQ	2,53 ± 1,60
maltotriosa	0,70 ± 0,14	0,92 ± 0,36

SD: standardni odklon; < LOQ: pod mejo kvantitativne določitve

Preglednica 4: Vsebnost skupnih fenolnih spojin in antioksidativna učinkovitost slovenskega medu

Table 4: Total phenolic content and antioxidant activity of Slovenian honey types

Vrsta medu	Vsebnost skupnih fenolnih spojin (mg GAE/100 g)	Antioksidativna učinkovitost (FRAP) ($\mu\text{M Fe(II)}$)
akacijev	25,7–67,9	56,8–86,0
lipov	63,4–109,0	94,6–155,1
kostanjev	146,8–272,3	238,3–469,5
hojev	163,4–285,7	320,8–582,2
smrekov	185,7–239,0	277,5–495,4
cvetlični	126,8–194,6	181,1–262,9
gozdni	192,3–270,1	371,6–494,1

GAE: ekvivalent galne kisline; FRAP: ferric reducing antioksidant power (antioksidativna moč redukcije železa)

Poleg ogljikovih hidratov vsebuje med številne organske in tudi anorganske kisline, katerih skupno vsebnost izražamo v miliekivalentih. Prostih kislin sme med vsebovati do 50 mekv/kg (Pravilnik o medu, 2011).

Beljakovine v medu nimajo velikega prehranskega pomena, saj je njihova vsebnost majhna, običajno pod 0,5 g/100 g. V primeru slovenskega medu največ beljakovin v povprečju vsebuje kostanjev med, najmanj pa akacijev med (preglednica 2). Aminokisline v medu izvirajo iz nektarja oz. mane, cvetnega prahu in čebel. Njihova vsebnost v medu je zelo majhna, največ je prolina, ki je v povezavi z zrelostjo medu, botaničnim poreklom in prisotnostjo (Korošec in sod., 2017).

Med je tudi naravni vir antioksidantov, med katerimi so najbolj pomembne fenolne kisline, flavonoidi, encimi (glukoza oksidaza, katalaza, peroksidaza) in produkti Maillardove reakcije (Bertoncelj in sod., 2007; Bogdanov, 2008; Ajibola, 2015; Bobiž in sod., 2017; Pasupuleti in sod., 2017).

Preglednica 5: Vsebnost pepela in nekaterih elementov v različnih vrstah slovenskega medu

Table 5: Ash and elemental content in different Slovenian honey types

Vrsta medu	Pepel (g/kg)	Povprečna vsebnost elementov \pm SD (mg/kg)						
		K	Cl	Ca	S	Rb	Mn	Br
akacijev	0,4–0,9	278 \pm 78	95 \pm 52	17,3 \pm 7,7	47 \pm 19	0,72 \pm 0,32	1,68 \pm 1,27	0,60 \pm 0,26
lipov	1,8–3,0	1800 \pm 349	379 \pm 139	69 \pm 23	50 \pm 27	5,5 \pm 2,9	3,55 \pm 1,56	1,02 \pm 0,43
kostanjev	5,5–10,4	3590 \pm 657	240 \pm 217	148 \pm 33	42 \pm 24	17,0 \pm 7,7	23,2 \pm 9,0	0,55 \pm 0,23
hojev	3,8–7,1	3170 \pm 555	333 \pm 134	35 \pm 18	71 \pm 26	22,0 \pm 7,0	5,03 \pm 1,93	0,59 \pm 0,12
smrekov	4,1–6,5	2950 \pm 494	322 \pm 74	47 \pm 17	70 \pm 26	13,9 \pm 6,1	7,07 \pm 2,3	0,58 \pm 0,22
cvetlični	1,1–2,7	1120 \pm 352	264 \pm 85	61 \pm 25	56 \pm 25	2,97 \pm 1,63	3,12 \pm 1,59	0,65 \pm 0,25
gozdni	4,4–6,3	2940 \pm 561	310 \pm 79	59 \pm 19	57 \pm 21	13,7 \pm 7,8	6,74 \pm 2,51	0,59 \pm 0,25

SD: standardni odklon

Na vsebnost fenolnih spojin v medu vplivajo botanično in geografsko poreklo medu ter podnebne razmere. V medu so od flavonoidov prisotni predvsem flavoni, flavonoli in flavanoni ter različne fenolne kisline (Viuda-Martos in sod., 2008; Bertoncelj in sod., 2011). Skupna vsebnost fenolnih spojin v slovenskih medovih je podana v preglednici 4, kjer so razvidne velike razlike med posameznimi vrstami medu, najmanj jih vsebuje akacijev med, največ pa medovi iz mane, hojev, gozdni in smrekov med (Bertoncelj in sod., 2007).

Vsebnost fenolnih spojin je v tesni povezavi z antioksidativno učinkovitostjo. Medovi z večjo vsebnostjo fenolnih spojin, imajo večjo antioksidativno učinkovitost, določeno s FRAP metodo (Bertoncelj in sod., 2007; Korošec in sod., 2017).

Vsebnost skupnega pepela v medu je količina anorganskega ostanka po sežigu medu in ponazarja količino v medu prisotnih mineralnih snovi. Določanje pepela je dokaj zahtevno, zato se nadomešča z merjenjem električne prevodnosti medu, saj med tema dvema parametroma obstaja linearna zveza. Čim več je v medu prisotnih mineralnih snovi, večja je vsebnost skupnega pepela in višja je električna prevodnost (Kropf in sod., 2008). Med kot živilo ni pomemben vir elementov, skupna vsebnost pepela v medu iz nektarja običajno znaša pod 0,6 g/100 g, v medu iz mane pa do 1,0 g/100 g (preglednica 5). Raznolikost elementov v posameznem vzorcu medu je v veliki meri odvisna od sestave nektarja, mane in prsti ter prevladujočega cvetnega prahu. Iz skupine makroelementov v medu je samo kalij prisoten v količinah nad 200 mg/kg. Med vsebuje tudi različne mikroelemente (vsebnost nad 1 mg/kg) ter elemente v sledovih. Različne študije so pokazale, da ima botanično poreklo največji vpliv na vsebnost elementov v sledovih v medu (Korošec in sod., 2017).

Preglednica 6: Osnovna hranilna sestava mešanega cvetnega prahu osmukanca slovenskega izvora**Table 6:** Basic nutritional composition of Slovenian bee pollen

Parameter	Vsebnost v svežem vzorcu			Vsebnost na suho snov		
	povprečje	x_{\min}	x_{\max}	povprečje	x_{\min}	x_{\max}
voda (g/100 g)	22,73	15,70	29,20			
beljakovine (g/100 g)	17,46	13,00	22,90	22,73	16,03	32,34
maščobe (g/100 g)	7,36	4,50	12,30	9,55	6,07	15,79
pepel (g/100 g)	2,06	1,30	2,80	2,67	1,65	3,88
skupni ogljikovi hidrati (g/100 g)	50,4	39,3	60,0	65,05	54,75	73,98
energijska vrednost (kJ/100 g)	1430	1300	1540	1850	1780	1980

x_{\min} : minimalna vrednost, x_{\max} : maksimalna vrednost

3.2 SESTAVA CVETNEGA PRAHU

Cvetni prah osmukanec vsebuje enostavne sladkorje, vse esencialne aminokisliline, nasičene in nenasičene maščobne kisline, nekatere elemente (K, Mg, Zn, Cu, Fe) in vitamine (vitamini skupine B, β -karoten, vitamin E, vitamin C), sekundarne rastlinske metabolite (flavonoidi, fitosteroli) ter prehransko vlaknino. Zaradi močne raznolikosti in prisotnih zrn cvetnega prahu različnih rastlin je v mešanem cvetnem prahu opazen velik razpon med najnižjo in najvišjo vrednostjo za vsebnost posamezne hranljive snovi (Campos in sod., 2008; Campos in sod., 2016). Cvetni prah predstavlja tudi odličen vir energije, energijska vrednost variira med 1590 in 2050 kJ/100 g (Yang in sod., 2013; Bogdanov, 2016).

Cvetni prah vsebuje veliko različnih biološko aktivnih spojin, kot so flavonoidi (katehin, kamferol, kvercetin, izoramnetin), fitosteroli in karotenoidni pigmenti (likopen in zeaksantin), ki lahko delujejo antioksidativno, protimikrobno, antikancerogeno in protivnetno (Komosinska-Vassev in sod., 2015; Denisow in Denisow-Pietrzyk, 2016; Bogdanov, 2016; Kaškonienė in sod., 2020).

Iz preglednice 6, kjer je podana hranilna vrednost slovenskega cvetnega prahu osmukanca (Lilek in sod., 2015), je razvidno, da od hranljivih snovi cvetni prah vsebuje največ ogljikovih hidratov, sledijo beljakovine in maščobe. Ker je vsebnost vode v svežem cvetnem prahu osmukancu zelo variabilna, so rezultati podani tudi na suho snov.

Podrobnejša analiza ogljikohidratne sestave cvetnega prahu osmukanca (Pucihar, 2017; Bertoneclj in sod., 2018) je pokazala, da med enostavnimi ogljikovimi hidrati v cvetnem prahu prevladujeta fruktoza (od 13,17 do 27,84 g/100 g suhe snovi) in glukoza (od 10,60 do 28,49 g/100 g suhe snovi). Cvetni prah pa je tudi dober vir prehranske vlaknine, vsebnost topne prehranske vlaknine je v območju od 0,62 do 5,21 g/100 g suhe snovi, vsebnost netopne prehranske vlaknine pa od 7,72 do 17,89 g/100 g suhe snovi (Bertoneclj in sod., 2018).

Cvetni prah vsebuje tudi različne elemente in vitamine (preglednica 7). Variabilnost v njihovi vsebnosti, predvsem pri mešanih vrstah cvetnega prahu, pripisujejo različnim vrstam cvetnega prahu rastlin. Od elementov je najbolj zastopan kalij (60 % od skupne vsebnosti)

Preglednica 7: Vsebnost elementov in vitaminov v cvetnem prahu osmukancu (Campos in sod., 2008)**Table 7:** Contents of elements and vitamins in bee pollen (Campos et al., 2008)

Elementi	mg/100 g suhe snovi	Vitamini	mg/100 g suhe snovi
kalij (K)	400–2000	provitamin A (β -karoten)	1–20
magnezij (Mg)	20–300	vitamin B1 (tiamin)	0,6–1,3
kalcij (Ca)	20–300	vitamin B2 (riboflavin)	0,6–2
fosfor (P)	80–600	vitamin B3 (niacin)	4–14
železo (Fe)	1,1–17	vitamin B5 (pantotenska kislina)	0,5–2
cink (Zn)	3–25	vitamin B6 (piridoksin)	0,2–0,7
baker (Cu)	0,2–1,6	vitamin B7 (biotin)	0,05–0,07
mangan (Mn)	2–11	vitamin B9 (folna kislina)	0,3–1
		vitamin C (askorbinska kislina)	7–56
		vitamin E (tokoferol)	4–32

(Campos in sod., 2008). Cvetni prah je dober vir vitaminov, topnih v vodi, vitaminov skupine B ter vitamina C (Soares de Arruda in sod., 2013).

3.3 SESTAVA MATIČNEGA MLEČKA

Sestava matičnega mlečka je kompleksna, odvisna je od sezonskih in okoljskih dejavnikov, načina pridobivanja ter prehrane in starosti čebel. Vsebnost vode je v matičnem mlečku zelo visoka (od 60 do 70 %), suho snov pa predstavljajo ogljikovi hidrati, proteini, bioaktivni peptidi, aminokisliline, maščobe ter manjša količina vitaminov in mineralov (Sabatini in sod., 2009).

Matični mleček vsebuje večinoma zelo specifične kratkoverižne mono- in dihidroksi maščobne kisline z 8–10 ogljikovimi atomi ali dikarbonske kisline. Za matični mleček je specifična trans-10-hidroksi-2-decenojska kislina (10-HDA), ki jo je v matičnem mlečku največ (več kot 50 % vseh maščobnih kislin). 10-HDA je značilna samo za matični mleček, zato je njena vsebnost v matičnem mlečku pomemben kriterij njegove pristnosti (Ramadan in Al-Ghamdi, 2012).

Sestava sladkorjev, vsebnost vode, beljakovin in 10-HDA so najbolj pomembni kriteriji za karakterizacijo matičnega mlečka (Sabatini in sod., 2009; Bobiž in sod., 2017). Pomemben kriterij kakovosti matičnega mlečka so tudi senzorične lastnosti. Matični mleček je umazano bele do blede rumene barve, gosto tekoč, pogosto nehomogen (zrnast, peskast) zaradi prisotnosti netopnih granul različnih velikosti. Ima vonj po kislem, rezkem, kisel okus ter ostro, pikantno aromo, lahko po vosku, po živalih. S staranjem barva matičnega mlečka temni, okus lahko postane žarek (ISO, 2016).

V preglednici 8 je podan predlog standardne sestave matičnega mlečka in rezultati analiz slovenskega matičnega mlečka.

Preglednica 8: Sestava svežega matičnega mlečka

Table 8: Composition of fresh royal jelly

Parameter	Predlog standardne sestave ¹	Zahtevana sestava po ISO 12824 ²	Slovenski matični mleček ^{3,4}
vsebnost vode (g/100 g)	60–70	62,0–68,5	62,0–66,7
vsebnost maščob (g/100 g)	3–8	2–8	4,44–6,19
vsebnost 10-HDA (g/100 g)	> 1,4	≥ 1,4	2,32–3,21
vsebnost beljakovin (g/100 g)	9–18	11–18	11,6–13,6
vsebnost fruktoze (g/100 g)	3–13	2–9	2,3–4,5
vsebnost glukoze (g/100 g)	4–8	2–9	3,4–5,3
vsebnost saharoze (g/100 g)	0,5–2,0	< 3,0	0–2,0
vsebnost pepela (g/100 g)	0,8–3,0	/	0,94–1,23

¹Sabatini in sod., 2009; ²ISO 12824: 2016; ³Štaudohar, 2014; ⁴Kandolf Borovšak in sod., 2017; / ni podatka

3.4 SESTAVA PROPOLISA

Sestava propolisa je zelo raznolika, odvisna je od rastlin, na katerih so čebele nabirale surovino, od klimatskih razmer v času nabiranja pa tudi od načina pridobivanja in vrste čebel, ki imajo različne preference do posameznih rastlin. Propolis vsebuje različne smole (50 %), voske (30 %), eterična olja in druge aromatične spojine (10 %), cvetni prah (5 %) ter druge sestavine, kot so aminokisliline, vitamini in minerali (Viuda-Martos in sod., 2008; Pasupuleti in sod., 2017).

V propolisu so identificirali več sto različnih spojin. Glavne so terpenoidi in fenolne spojine, kamor spadajo flavonoidi ter fenolne kisline in njihovi estri, ki so odgovorni za protivirusno in protivnetno delovanje propolisa. Naravne fenolne spojine delujejo tudi kot antioksidanti. Najbolj značilne fenolne spojine propolisa so flavonoidi pinocembrin, pinobanksin, krizin, galangin, kamferol in kvercetin, fenolne kisline cimetna, *p*-kumarna, kavna in ferulna kislina ter fenetilni ester kavne kisline (CAPE) in artepilin C (Huang in sod., 2014).

4 UPORABA ČEBELJIH PRIDELKOV V PREHRANI

Med, cvetni prah, matični mleček in propolis so čebelji pridelki, ki jih ljudje uživajo zaradi odlične hranilne vrednosti, kot tudi zaradi njihovih funkcionalnih lastnosti in biološke aktivnosti. Zaradi svojih lastnosti so tudi primeren dodatek oz. potencialna sestavina za različna živila. Potrebno pa je upoštevati nekatere previdnostne ukrepe za uporabo v prehrani v samostojni obliki ali kot dodatek živilom, da bi se izognili morebitnim alergijskim reakcijam pri osebah, občutljivih na posamezne čebelje pridelke oz. katero od njihovih sestavin. Zato je potrebno

z uživanjem čebeljih pridelkov začeti previdno in zaužito količino povečevati postopoma (Bogdanov, 2011).

Med ljudje v vsakdanji prehrani uživamo že od nekdaj, v zadnjem času narašča uporaba cvetnega prahu, matični mleček in propolis pa se uživata predvsem v obliki prehranskih dopolnil in uporabljata v apiterapiji. Apiterapija je veda o tem, kako si s pomočjo čebeljih pridelkov krepimo in ohranjamo zdravje. Začetki apiterapije segajo stoletja nazaj do egipčanske, grške, kitajske, babilonske in drugih civilizacij. Trditve o zdravilnih učinkih apiterapije temeljijo predvsem na dejanskih izkušnjah posameznikov in tradicionalni uporabi (Bogdanov, 2011; Fratellone in sod., 2016; Yucel in sod., 2017).

Med je eno najbolj kompleksnih naravnih živil in edino sladilo, ki ga človek uporablja brez predhodne predelave. Uživanje medu je primerno za ljudi vseh starostnih skupin, tudi za nosečnice in doječe matere, le dojenčkom in otrokom do 1. leta starosti ga zaradi možnosti prisotnih spor *Clostridium botulinum* ne smemo ponuditi. V okviru zagotavljanja uravnotežene prehrane in skrbi za zdravje je vsekakor priporočljivo, da ga vključimo v vsakodnevne obroke in z njim nadomestimo kuhinjski sladkor in druga sladila.

Ogljikovi hidrati so glavna sestavina medu in s prehranskega vidika zelo pomembni. Enostavna sladkorja, glukoza in fruktoza, predstavljata hitro izkoristljiv vir energije. Ob zamenjavi kuhinjskega sladkorja z medom pa hkrati vnesemo tudi manjše količine vitaminov, mineralov in drugih bioaktivnih spojin, ki jih sladkor ne vsebuje. Zaradi velike vsebnosti fruktoze ima med manjši vpliv na raven glukoze v krvi kot bel sladkor, kar vpliva tudi na vrednost glikemijskega indeksa. Deibert in sod. (2010) so na osnovi klinične študije z 10 udeleženci, za pet od osmih vrst nemškega medu, določili nizke vrednosti glikemijskega indeksa, pod 55. Samo gozdni med je imel vrednost nad 70, kar predstavlja visok glikemijski indeks. Vrste medu z nizkim glikemijskim indeksom, ki vsebujejo več fruktoze kot glukoze (npr. akacijev in kostanjev med), bi lahko pod ustreznim nadzorom uživali tudi diabetiki oziroma bi se potencialno lahko uporabile za obvladovanje sladkorne bolezni. Vendar, ker mehanizem hipoglikemičnega učinka medu ni pojasnjen, velja v praksi zadržanost in previdnost (Meo in sod., 2017; Bobiș in sod., 2018).

Rezultati raziskav kažejo, da je za doseganje ugodnih učinkov medu na prehranski status in zdravje posameznika potrebno uživati večje količine medu, od 50 do 80 g (Bogdanov in sod., 2008) oz. od 70 do 90 g (Ajibola, 2015) dnevno, kar ni v skladu s priporočili za vnos prostih sladkorjev (WHO, 2015), h katerim prištevamo sladkorje iz medu.

Med vsebuje tudi več oligosaharidov in nekaj polisaharidov z nizko molekulsko maso in ima zato prebio-

tične lastnosti. Oligosaharidi so ogljikovi hidrati s 3 do 9 monomernimi enotami, ki so rezistentni na prebavo v tankem črevesu človeka, delno se razgradijo v debelem črevesu do kratkoverižnih maščobnih kislin, ki predstavljajo pomembno hranilo za mikrobioto (Mohan in sod., 2017; Cornara in sod., 2017). Oligosaharidi povečajo število in aktivnost koristnih mikroorganizmov (laktobacilov in bifidobakterij) v prebavnem traktu (Ajibola, 2015; Begum in sod., 2015; Yucel in sod., 2017; Pasupuleti, 2017). Medovi iz mane vsebujejo večjo količino (do 10 g/100 g) in več različnih oligosaharidov, zato imajo tudi večji prebiotični učinek (Bogdanov in sod., 2008).

Vsebnost posameznih vitaminov in elementov v medu je majhna, zato je njihov prispevek pri priporočenih dnevni vnosih (Referenčne vrednosti..., 2016) zgolj neznaten. Če izpostavimo kalij, ki ga je v medu največ, bi z eno žlico medu (približno 20 g) zaužili do 5,5 % dnevnega vnosa, odvisno od vrste medu (Kropf in sod., 2009). To pomeni, da med ni pomemben vir kalija v naši prehrani, je pa v oziru zastopanosti elementov ustreznejša prehranska izbira med sladili kot kuhinjski sladkor.

Med fiziološke učinke medu spadajo poleg že omenjenega prebiotičnega učinka tudi antioksidativna in protimikrobna učinkovitost, protivnetno delovanje in zaviranje encimskega porjavanja. Medu pripisujejo tudi ugodne učinke pri zdravljenju različnih bolezni, preprečevanju pojavnosti določenih bolezni, tudi rakavih obolenj. Po navedbah mnogih avtorjev vpliva med ugodno na delovanje srca, upočasnjuje razvoj ateroskleroze, pospešuje izločanje strupov iz telesa in pomaga pri boleznih dihal. Vse te funkcionalne lastnosti se večinoma pripisujejo fenolnim spojinam, kot so flavonoidi (Bogdanov in sod., 2008; Viuda-Martos in sod., 2008; Bobiș in sod., 2017; Pasupuleti in sod., 2017; Combarros-Fuertes in sod., 2019) in bioaktivnim peptidom, kot so defensin-1 in želeini (Cornara in sod., 2017). Med zavira rast in razvoj velikega števila mikroorganizmov zaradi velike vsebnosti sladkorjev, ki povzročijo osmotski učinek, majhne vsebnosti vode, nizke vrednosti vodne aktivnosti, nizke vrednosti pH in prisotnosti spojin z antimikrobnim delovanjem. Pod vplivom encima glukoza oksidaza, ki ga vsebuje med, nastane vodikov peroksid, ki pripomore k celjenju tkiva in deluje antibakterijsko. Zaradi teh lastnosti med že od nekdaj uporabljajo tudi za zdravljenje ran (Molan, 2006; Ajibola in sod., 2012; Yilmaz in Aygin, 2020), hkrati pa lahko pripomore tudi k zdravju ustne votline, saj preprečuje rast bakterij, ki povzročajo karies, manj vpliva na erozijo zobne sklenine (Bogdanov in sod., 2008) ter je lahko učinkovito sredstvo proti parodontozni, saj zavira delovanje parodontopatogenih bakterij in tako predstavlja cenejšo alternativno metodo zdravljenja (Podražaj, 2011).

Čebelji cvetni prah, kamor prištevamo cvetni prah

osmukanec in cvetni prah izkopenec, je pomemben vir hranil in energije in lahko predstavlja dodatek k vsakodnevni prehrani. Cvetni prah osmukanec vsebuje vse potrebne esencialne spojine, potrebne v prehrani človeka, vključno z aminokislinami in maščobnimi kislinami. Bogdanov (2011) navaja, da je dnevni vnos 10 g cvetnega prahu realen glede na ceno tega čebeljega pridelka in že omogoča preventivno delovanje. Za preventivo in izboljšanje zdravja se priporoča od 10 do 20 g cvetnega prahu dnevno, običajno 3 mesece zaporedoma, 2-krat letno. V apiterapiji pa je dnevni odmerek cvetnega prahu večji, od 20 do 50 g dnevno, zaužit 3-krat dnevno, 1 do 2 uri pred obrokom. Za večjo senzorično sprejemljivost cvetnega prahu se priporoča mešanje z medom, s sokom ali z mlečnimi izdelki, npr. jogurti ali s skuto ter sadjem. Za povečanje prebavljivosti cvetnega prahu osmukanca v organizmu in s tem razpoložljivosti posameznih hranil je ta čebelji izdelek priporočljivo pred uporabo zmleti ali namočiti zrna v topli vodi ali drugi tekočini, s čimer ovojnica zrna cvetnega prahu postane bolj prepustna (Bogdanov, 2011; Komosinska-Vashev in sod., 2015; Denisow in Denisow-Pietrzyk, 2016; Yucel in sod., 2017).

Zaradi velike variabilnosti v sestavi cvetnega prahu (preglednici 6 in 7), kot posledici različnega botaničnega izvora, je težko realno oceniti vnos posameznih makro- in mikrohranil v prehrani z uživanjem dnevno priporočene količine cvetnega prahu. Cvetni prah je dober vir beljakovin in esencialnih aminokislin ter maščobnih kislin, sladkorjev fruktoze in glukoze, kot tudi nekaterih vitaminov in mineralov. Doprinos teh komponent k priporočenemu dnevnemu vnosu je pri cvetnem prahu večji kot pri medu. Cvetni prah je tudi dober vir prehranske vlaknine (Bertoncelj in sod., 2018), komponente, za katero je ocenjeni vnos s prehrano pri prebivalcih razvitih držav prenizek glede na priporočen dnevni vnos, ki znaša najmanj 30 g na dan za odrasle (Referenčne vrednosti..., 2016). Zaužitje 20 g cvetnega prahu dnevno bi prispevalo okoli 10 % priporočenega dnevnega vnosa prehranske vlaknine. Na osnovi vsebnosti naštetih hranljivih snovi cvetni prah izboljša presnovo ter splošno telesno zmogljivost in je zelo primeren za okrevanje po boleznih ter za ljudi s premajhno telesno maso.

Kot kažejo številne raziskave v zadnjih letih ima cvetni prah poleg visoke hranilne vrednosti tudi veliko vsebnost biološko aktivnih snovi (flavonoidov, fitosterolov, različnih encimov), ki prispevajo k številnim funkcionalnim lastnostim (Komosinska-Vashev in sod., 2015; Denisow in Denisow-Pietrzyk, 2016; Yucel in sod., 2017; Cornara in sod., 2017; Kaškonienė in sod., 2020). Flavonoidi delujejo antioksidativno, protimikrobno, antikancerogeno in protivnetno, ščitijo pred pojavom ateroskleroze in drugih bolezni srca in ožilja, krepijo imunski sistem ter zavirajo prehitro staranje. Fitosteroli vplivajo

na nivo holesterola v krvi in z njim povezanih bolezni srca in ožilja, zavirali naj bi tudi nastanek nekaterih vrst raka. Vse biološko aktivne spojine v cvetnem prahu imajo močno protivnetno delovanje in spodbujajo delovanje imunskega sistema. Cvetni prah tako nima le vloge prehranskega dodatka in funkcionalnega živila, ampak tudi potencialnega zdravila. Natančno stopnjo biološke učinkovitosti pa je težko določiti zaradi velike variabilnosti v sestavi tega čebeljega pridelka, ki je odvisna od botaničnega izvora. Za namen zdravljenja je nujno potrebno definirati standarde kakovosti cvetnega prahu, ki bi olajšali uporabo cvetnega prahu v medicinske namene (Denisow in Denisow-Pietrzyk, 2016).

Matični mleček in propolis se bolj kot živilo uporabljata v obliki prehranskih dopolnil ali v kombinaciji z medom. Matični mleček zaradi njegovih specifičnih senzoričnih lastnosti in visoke cene potrošniki bolj dojemajo kot domače zdravilo. Biološka aktivnost matičnega mlečka se pripisuje predvsem maščobnim kislinam (10-HDA), bioaktivnim peptidom, specifičnim proteinom matičnega mlečka (npr. rojalaktina in rojalizina) in fenolnim spojinam. Matični mleček se že od davnih časov uporablja v tradicionalni medicini, zaradi številnih pozitivnih lastnosti sodi v skupino funkcionalnih živil. Nekateri biološki in terapevtski učinki uživanja matičnega mlečka so že bili potrjeni, vendar pa kemijska sestava in biološko aktivne snovi matičnega mlečka še niso v celoti poznane. Z različnimi raziskavami so dokazali antioksidativno, protibakterijsko in protivnetno delovanje matičnega mlečka (Ramadan in Al-Ghamdi, 2012; Pasupuleti in sod., 2017; Ahmad in sod., 2020). Matični mleček antibakterijsko deluje tako na gram-pozitivne kot na gram-negativne bakterije, učinek pripisujejo specifičnim prostim maščobnim kislinam ter proteinom matičnega mlečka (Ramadan in Al-Ghamdi, 2012). Zelo razširjena je uporaba matičnega mlečka v prehranskih dopolnilih zaradi prepričanja, da ima njegovo uživanje podobne učinke na ljudi, kot jih ima na čebele. Čebela matica, ki je izključno hranjena z matičnim mlečkom, ima daljšo življenjsko dobo ter bolj razvite žleze v primerjavi s čebelo delavko (Morita in sod., 2012). Uživanje matičnega mlečka vpliva tudi na boljšo vzdržljivost pri športnikih. Športniki, ki uživajo matični mleček kot prehransko dopolnilo (1,2 g/dan), so bolj vzdržljivi v primerjavi s športniki, ki tega prehranskega dodatka ne uživajo. Med telesno dejavnostjo vzdržljivost pada zaradi povišanja lipidnih hidroperoksidov v krvi. Matični mleček s svojimi sestavinami kot antioksidant pomaga pri zniževanju hidroperoksidov v krvi in posledično pripomore k boljši vzdržljivosti (Bogdanov, 2011). Matični mleček zaradi vsebnosti specifičnih proteinov in fenolnih spojin, ki so zelo učinkovite pri odstranjevanju prostih radikalov, deluje tudi antioksidativno (Bobiş in sod., 2017; Cornara in

sod., 2017; Yucel in sod., 2017). Študije na živalih kažejo, da ima matični mleček tudi antitumorsko delovanje, ki se ga pripisuje predvsem vsebnosti 10-HDA ter nasičenim dikarboksilnim kislinam (Oršolič, 2013).

Tudi propolis je del tradicionalne medicine, vsebuje številne bioaktivne spojine, zlasti fenolne spojine, ki delujejo antioksidativno, protivirusno in protivnetno (Huang in sod., 2014; Cornara in sod., 2017; Pasupuleti in sod., 2017).

5 POMEN STANDARDIZACIJE ČEBELJIH PRIDELKOV

Na osnovi različnih bioloških lastnosti čebeljih izdelkov, dokazanih z znanstvenimi študijami, so bili izvedeni tudi poskusi aplikacij nekaterih od teh pridelkov v kliničnih okoljih, vendar je njihova farmakološka in medicinska standardizacija zaradi velike kemijske variabilnosti otežena, biološka učinkovitost čebeljih pridelkov je namreč odvisna od botaničnega in geografskega porekla, vrste medonosnih čebel, postopkov čebelarjenja in postopkov s pridelki po njihovem pridobivanju. Izolirane so bile različne spojine z dokazanim biološkim učinkom, kar kaže na pomembnost čebeljih pridelkov za odkrivanje zdravil iz naravnih virov (Cornara in sod., 2017; Pasupuleti in sod., 2017; Ahmad in sod., 2020). Potrebne pa so dodatne, ustrezne klinične študije za potrditev aktivnosti čebeljih pridelkov oz. njihovih sestavin. Zaradi nezadostnih utemeljenih znanstvenih dokazov o učinkovanju na zdravje do sedaj tudi ni bila odobrena nobena zdravstvena trditev za čebelje pridelke. Zdravstvena trditev pomeni vsako trditev, ki navaja, domneva ali namiguje, da obstaja povezava med kategorijo živil, živilom ali eno od njegovih sestavin na eni strani in zdravjem na drugi strani (Uredba 1924/2006). V postopku sprejemanja novih zdravstvenih trditev za živila je bilo na Evropsko agencijo za varnost hrane (EFSA) vloženi tudi nekaj vlog zdravstvenih trditev za matični mleček in propolis (Vujić in Pollak, 2015). Predlagane trditve so se nanašale na krepitev imunskega sistema, vitalnost organizma, povečanje antioksidativne sposobnosti organizma, ohranjanje zdravega delovanja jeter, povečanje fiziološke odpornosti organizma, krepitev zdravja zgornjih dihal, izboljšanje kakovosti življenja žensk v menopavzi, spodbujanje delovanja srca, uravnotežen nivo lipidov v krvi. EFSA je pri presojanju upravičenosti trditev za tradicionalna živila, ki se uporabljajo za domače zdravljenje, zaradi njihove naravne in sezonske variabilnosti precej zadržana. Zato je vse predlagane zdravstvene trditve zavrnila, ker živilo oziroma sestavina živila ni bila dovolj dobro opredeljena in karakterizirana ter za zatrjevani učinek ni bilo dovolj utemeljenih znanstvenih dokazov, tudi zaradi pomanjka-

nja ustreznih kliničnih študij. Seznam zavrjenih zdravstvenih trditev za čebelje pridelke in utemeljitve njihove zavrnitve so dostopni na spletni strani Evropske komisije, ki vodi tako imenovani Register skupnosti v zvezi s prehranskimi in zdravstvenimi trditvami (European Commission, 2020).

Standardizacija posameznih čebeljih pridelkov v smislu standardizacije njihove sestave, ki vključuje tako vsebnost makro- in mikrohranil, kot tudi bioaktivnih spojin, je pomembna tudi za lažje vrednotenje doseganja priporočenih vrednosti posameznih hranljivih snovi glede na priporočila za vnos energije in hranil (Referenčne vrednosti..., 2016). Na ta način bi lahko v prehrano vključili čebelje pridelke z optimalnimi lastnostmi za potrebe posameznika. Hkrati pa bi standardizacija omogočila lažje preverjanje pristnosti čebeljih pridelkov, ker so le-ti zaradi visoke cene podvrženi tudi potvorbam, z definirano sestavo pa bi potvorjene čebelje pridelke lažje odkrili in s tem tudi zaščitili potrošnika.

6 DODATEK ČEBELJIH PRIDELKOV DRUGIM ŽIVILOM

V današnjem času potrošniki želijo živila, ki so bolj naravna in vsebujejo manj aditivov. Med in ostali čebelji pridelki kažejo nekatere pozitivne lastnosti, ki omogočajo njihov dodatek v različna živila. Med lahko nadomesti nekatere konvencionalne dodatke, kar omogoča tudi razvoj novih živil. Med se že od nekdaj uporablja kot sladilo v različnih pijačah in živilih, kot so brezalkoholne sadne pijače, jogurtovi napitki, športni napitki. V mleku in mlečnih izdelkih med spodbuja rast mlečnih starter kultur zaradi prisotnih oligosaharidov. Med tudi preprečuje encimsko porjavenje sadja in zelenjave in izdelkov iz njih in bi se lahko uporabljal kot alternativa sulfitom. V pekovskih izdelkih dodatek medu vpliva na zadrževanje vode, kar povzroči boljšo teksturo in izboljšane ostale senzorične lastnosti. V mesu in mesnih izdelkih med lahko preprečuje mikrobiološki kvar in oksidacijo maščob ter zmanjša nastanek heterocikličnih aromatskih aminov (Viuda-Martos in sod., 2008; Bogdanov, 2011; Yucel in sod., 2017).

Cvetni prah osmukanec se dodaja predvsem mlečnim in pekovskim izdelkom za izboljšanje njihove prehranske vrednosti. Atallah (2016) navaja, da so imeli probiotični jogurti z dodatkom cvetnega prahu (0,8 %) ali matičnega mlečka (0,6 %) boljše senzorične lastnosti (aroma, teksturo in celokupno všečnost), večjo vsebnost nekaterih elementov (Ca, P, K, Mg, Mn, Fe in Zn) ter boljše reološke lastnosti (manjša sinereza) v primerjavi z jogurtom brez dodatka prej omenjenih čebeljih pridelkov. Krystijan in sod. (2015) so proučevali fizikalno-

kemijske in antioksidativne lastnosti keksov z dodanim cvetnim prahom. Pri pripravi keksov so del moke (od 2,5 do 10 %) nadomestili z mletim cvetnim prahom. Dodatek cvetnega prahu je vplival na povečanje vsebnosti beljakovin, sladkorjev, prehranske vlaknine in fenolnih spojin ter večjo antioksidativno učinkovitost in izboljšane senzorične lastnosti obogatenih keksov. Podobno Solgajová in sod. (2014) navajajo, da imajo keksi, obogateni s cvetnim prahom oljne ogrščice, boljše tako hranilno vrednost kot tudi tehnološke in senzorične lastnosti.

Matični mleček in propolis se običajno dodajata medu za povečanje vsebnosti bioaktivnih učinkovin in večjo antioksidativno učinkovitost (Juszczak in sod., 2016).

7 ZAKLJUČEK

Čebelji pridelki so popolnoma naravna živila, ki jih lahko uživamo samostojno ali kot dodatek drugim živilom za izboljšanje njihove hranilne vrednosti in funkcionalnih lastnosti. Med, cvetni prah osmukanec in matični mleček imajo visoko hranilno vrednost in dokazano biološko delovanje. Z uživanjem čebeljih pridelkov doprinesemo k vnosu hranljivih snovi in dodatno zagotovimo organizmu tudi bioaktivne spojine, ki lahko ugodno vplivajo na zdravje. Ob akcijah na nacionalnem, evropskem in svetovnem nivoju in rezultatih znanstvenih raziskav o hranilni sestavi in ugodnem delovanju čebeljih pridelkov na zdravje, le-ti dodatno pridobivajo na pomenu v vsakdanji prehrani. Raziskovalni projekti z namenom karakterizacije čebeljih pridelkov, ki jih izvaja Čebelarstva zveza Slovenije s sodelujočimi inštitucijami, so/bodo omogočili oblikovanje nacionalnih standardov kakovosti in posledično slovenskim potrošnikom zagotovili uživane kakovostnih, pristnih in varnih čebeljih pridelkov.

8 VIRI

- Ahmad, S., Campos, M. G., Fratini, F., Altaye, S. Z., & Li, J. (2020). New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 382. <https://doi.org/10.3390/ijms21020382>
- Ajibola, A., Chamunorwa, J. P., & Erlwanger, K. H. (2012). Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*, 9(61), 1–12. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-61>
- Ajibola, A. (2015). Physico-chemical and physiological values of honey and its importance as a functional food. *International Journal of Food and Nutritional Science*, 2(6), 1–9. <https://doi.org/10.15436/2377-0619.15.040>
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E., & Battino, M. (2009). Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3(1), 15–23. <https://doi.org/10.3233/s12349-009-0051-6>
- Atallah, A. A. (2016). The production of bio-yoghurt with probiotic bacteria, royal jelly and bee pollen grains. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 6(3), 1–7. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000510>
- Begum, S. B., Roobia, R. R., Karthikeyan, M., & Murugappan, R. M. (2015). Validation of nutraceutical properties of honey and probiotic potential of its innate microflora. *LWT- Food Science and Technology*, 60(2), 743–750. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.024>
- Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., & Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822–828. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.060>
- Bertoncelj, J., Polak, T., Korošec, M., & Golob, T. (2011). LC-DAD-ESI/MS analysis of flavonoids and abscisic acid with chemometric approach for the classification of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 127(1), 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.003>
- Bertoncelj, J., Polak, T., Pucihar, T., Lilek, N., Kandolf Borovšak, A., & Korošec, M. (2018). Carbohydrate composition of Slovenian bee pollens. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(2), 1880–1888. <https://doi-org.nukweb.nuk.uni-lj.si/10.1111/ijfs.13773>
- Bobiş, O., Bonta, V., Varadi, A., Strant, M., & Dezmirean, D. (2017). Bee products and oxidative stress: bioavailability of their functional constituents. *Modern Applications of Bioequivalence & Bioavailability*, 1(3), 1–5. <https://doi.org/10.19080/MABB.2017.01.555565>
- Bobiş, O., Dezmirean, D. S., & Moise, A. R. (2018). Honey and Diabetes: The importance of natural simple sugars in diet for preventing and treating different type of diabetes. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2018/4757893>
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677–689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>
- Bogdanov, S. (2011). *The bee products: the wonders of the bee hexagon*. Muehlethurnen: Bee product science. Pridobljeno s <https://www.scribd.com/document/270796028/Bee-Products>
- Bogdanov, S. (2016). Pollen: Collection, harvest, composition, quality. *The bee pollen book*, 1–13. Pridobljeno s <http://www.bee-hexagon.net/pollen>
- Campos, M. G., Lokutova, O., & Anjos, O. (2016). Chemical composition of bee pollen. V: S. M. Cardoso & A. M. S. Silva (Ur.). *Chemistry, biology and potential applications of honeybee plant derived products* (str. 67–88). Sharjah, UAE: Bentham Science Publisher. <https://doi.org/10.2174/9781681082370116010006>
- Campos, M. G. R., Bogdanov, S., Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., & Ferreira, F. (2008). Pollen composition and standardization of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 47(2), 154–161. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443>
- Combarros-Fuertes, P., Estevinho, L. M., Dias, L. G., Castro,

- J. M., Tomas-Barberan, F. A., Tornadijo, M. E., & Fresno-Baro, J. M. (2019). Bioactive components, antioxidant and antibacterial activities of different varieties of honey: a screening prior to clinical application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(2), 688–698. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05436>
- Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. *Frontiers in Pharmacology*, 8, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412>
- Deibert, P., König, D., Kloock, B., Groenefeld, M., & Berg, A. (2010). Glycaemic and insulinaemic properties of some German honey varieties. *European Journal of Clinical Nutrition* 64, 762–764. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.103>
- Denisow, B. & Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4303–4309. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7729>
- European Commission (2020). European Union Register of nutrition and health claims made on foods. Pridobljeno s https://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=search
- Fratellone, P. M., Tsimis, F., & Fratellone, G. (2016). Apitherapy products for medicinal use. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 22(2), 1020–1022. <https://doi.org/10.1089/acm.2015.0346>
- Huang, S., Zhang, C. P., Wai, K., Li, G. Q., & Hu, F. H. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19(12), 19610–19632. <https://doi.org/10.3390/molecules191219610>
- ISO. (2016). *Royal jelly – Specifications* (ISO Standard No. 12824). Geneva, CH: ISO.
- Juszczak, L., Gałkowska, D., Ostrowska, M., & Socha, R. (2016). Antioxidant activity of honey supplemented with bee products. *Natural Product Research*, 30(12), 1436–1439. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1057582>
- Kandolf, A. (2011). O cvetnem prahu. V: A. Kandolf (Ur.). *Cvetni prah* (str. 5–12). Lukovica: Čebelarska zveza Slovenije.
- Kandolf Borovšak, A., Lilek, N., Bertoncelj, J., Korošec, M., & Klemenčič Štrukelj, N. (2017). *Karakterizacija čebeljih pridelkov ter vpliv postopkov obdelave in shranjevanja cvetnega prahu na njegovo kemijsko in mikrobiološko sestavo za leto 2017* (Letno poročilo aplikativne raziskave). Lukovica: Čebelarska zveza Slovenije.
- Kaškoniënë, V., Adaškevičiūtė, V., Kaškonasb, P., Mickienė, R., & Maruškaa, A. (2020). Antimicrobial and antioxidant activities of natural and fermented bee pollen. *Food Bioscience*, 34, 100532. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100532>
- Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kafmierzczak, J., Mencer, L., & Olczyk, K. (2015). Bee Pollen: Chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/297425>
- Korošec, M., Kropf, U., Golob, T., & Bertoncelj, J. (2016). Functional and nutritional properties of different types of Slovenian honey. V: K. Kristbergsson & S. Ötles (Ur.). *Functional properties of traditional foods, (Integrating food science and engineering knowledge into the food chain, volume 12)*. 1st ed. (str. 323–338). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7662-8_23
- Korošec, M., Vidrih, R., & Bertoncelj, J. (2017). Slovenian honey and honey based products. V: M. S. Cruz, Rui. (Ur.). *Mediterranean foods: composition and processing*. 7th ed. (str. 171–195). Boca Raton; London; New York: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315369235-7>
- Kropf, U., Jamnik, M., Bertoncelj, J., & Golob, T. (2008). Linear regression model of the ash mass fraction and electrical conductivity for Slovenian honey. *Food Technology and Biotechnology*, 46(3), 335–340.
- Kropf, U., Korošec, M., & Golob, T. (2009). Med kot izvor biološko pomembnih mineralov: mineralno uravnoteženo živilo? V: L. Demšar & B. Žlender (Ur.). *Vloga mineralov v živilski tehnologiji in prehrani*, 26. *Bitenčevi živilski dnevi 2009, Ljubljana* (str. 179–191). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo.
- Krystijan, M., Gumul, D., Ziobro, R., & Korus, A. (2015). The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits. *LWT – Food Science and Technology*, 63(1), 640–646. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.075>
- Lilek, N., Pereyra Gonzales, A., Kandolf Borovšak, A., Božič, J., & Bertoncelj, J. (2015). Chemical composition and content of free tryptophan in Slovenian bee pollen. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54, 323–333.
- Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24, 975–978. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010>
- Mohan, A., Quek, S-Y., Gutierrez-Maddox, N., Gao, Y., & Shu, Q. (2017). Effect of honey in improving the gut microbial balance. *Food Quality and Safety*, 1(2), 107–115. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyx015>
- Molan, P. C. (2006). The the evidence supporting the use of honey as a wound dressing. *International Journal of Lower Extremity Wounds*, 5(1), 40–54. <https://doi.org/10.1177/1534734605286014>
- Morita, H., Ikeda, T., Kajita, K., Fujioka, K., Mori, I., Okada, H., ... Ishizuka, T. (2012). Effect of royal jelly ingestion for six months on healthy volunteers. *Nutrition Journal*, 11:77. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-77>
- Oršolič, N. (2013). Učinkovitost biološki aktivnih sestavnica matične mlječi: Analiza i standardizacija. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 64(3), 445–461. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-64-2013-2332>
- Pasupuleti, V. R., Sammugam, L., Ramesh, N., & Gan, S. H. (2017). Honey, propolis, and royal jelly: a comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1–21. <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>
- Podržaj, S. (2011). *Protibakterijska učinkovitost različnih vrst medu na parodontopatogene bakterije in ustne streptokoke* (diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Potokar, J. (2011). Postopek predelave cvetnega prahu. V: A. Kandolf (Ur.). *Cvetni prah* (str. 25–32). Lukovica: Čebelarska zveza Slovenije.

- Pravilnik o medu (2011). *Uradni list republike Slovenije*, 4(11), 345–347.
- Pucihar, T. (2017). *Vsebnost sladkorjev in prehranske vlaknine v cvetnem prahu osmukancu* (magistrsko delo). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Ramadan, M. F., & Al-Ghamdi, A. (2012). Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.12.007>
- Referenčne vrednosti za energijski vnos ter vnos hranil: tabelarična priporočila za otroke (od 1. leta starosti naprej), mladostnike, odrasle, starejše, nosečnice ter doječe matere. (2016). Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje. Pridobljeno s http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/javno_zdravje_2015/foto_DJZ/prehrana/2016_referencne_vrednosti_za_energijski_vnos_ter_vnos_hranil_17022016.pdf
- Sabatini, G. A., Marcazzan, L. G., Caboni, F. M., Bogdanov, S., & Almeida-Muradian, L. B. (2009). Quality and standardisation of royal jelly. *Journal of ApiProduct and Api-Medical Science*, 1(1), 16–21. <https://doi.org/10.3896/IBRA.4.01.1.04>
- Samec, T. (2013). Pridobivanje propolisa. *Slovenski Čebelar*, 115(6), 197–198.
- Soares de Arruda, V. A., Santos Pereira, A. A., Silva de Freitas, A., Marth, M. O., & Almeida-Muradian, L. B. (2013). Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(2), 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.11.004>
- Solgajová, M., Nůžková, J., & Kadáková, M. (2014). Quality of durable cookies enriched with rape bee pollen. *Journal of Central European Agriculture*, 15(1), 24–38. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/15.1.1406>
- Statistični urad Republike Slovenije. (2019). *Svetovni dan čebel*. Pridobljeno s <https://www.stat.si/StatWeb/File/DocSys-File/10430/sl-dan-cebel.pdf>
- Štaudohar, T. (2014). *Karakterizacija slovenskega matičnega mlečka* (magistrsko delo). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Uredba (EU) št. 1924/2006 evropskega parlamenta in sveta z dne 20. decembra 2006 o prehranskih in zdravstvenih trditvah na živilih. (2006). *Uradni list Evropske unije*, L404, 9–24. Pridobljeno s <http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1924/2010-03-02/slv/pdf>
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Alvarez, J. A. (2008). Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *Journal of Food Science*, 73(9), 117–124. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00966.x>
- Vujić, M., & Pollak, L. (2015). Composition, labelling, and safety of food supplements based on bee products in EU legislation – Croatian experiences. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 66(4), 243–249. <https://doi.org/10.1515/aiht-2015-66-2654>
- WHO. (2015). *Guideline: Sugars intake for adults and children*. Geneva: World Health Organization. Pridobljeno s http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/149782/1/9789241549028_eng.pdf
- Yang, K., Wu, D., Xingqian, Y., Liu, D., Chen, J., & Sun, P. (2013). Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(3), 708–718. <https://doi.org/10.1021/jf304056b>
- Yilmaz, A. C., & Aygin, D. (2020). Honey dressing in wound treatment: a systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, 51, v tisku. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102388>
- Yucel, B., Topal, E., & Kosoglu, M. (2017). Bee products as functional food. V: V. Waisundara & N. Shiomi (Ur.), *Superfood and functional food – an overview of their processing and utilization* (str. 15–33). InTechOpen Science. <https://doi.org/10.5772/65477>
- Zheng, H.Q., Hu, F. L., & Dietemann, V. (2010). Changes in composition of royal jelly harvested at different times: consequences for quality standards. *Apidologie*, 41: 1–9. <https://doi.org/10.1051/apido/2010033>