



PREHRANA ČEBEL

Maja Ivana Smodiš Škerl

Kmečki glas

Vsebina

UVOD	5
POSTAVITEV ČEBELNJAKA	8
MAKROHRANILA V PREHRANI ČEBEL	14
Ogljikovi hidrati	16
Značilnosti naravno prisotnih ogljikovih hidratov	16
Medičina ali nektar	19
Mana	21
Strupene snovi v rastlinah	23
Odpornost čebel proti strupenim snovem	25
Beljakovine	26
Cvetni prah	31
Beljakovine v telesu čebele	38
Fermentiran cvetni prah ali čebelji kruhek	49
Lipidi	52
Maščobne kisline	52
Triacilgliceroli	52
Polarni lipidi, steroidi in drugi lipidi	54
Maščobe v cvetnem prahu	54
Maščobe v telesu čebele	54
Vosek	56

MIKROHRANILA V PREHRANI ČEBEL 59

Smola	59
Propolis	59
Rudninske snovi	61
Vitamini	64
Pomen vode za čebeljo družino	66

PREBAVNI SISTEM ČEBEL 72

Osnovna zgradba in delovanje prebavil	72
Prebava in presnova hrane	81
Mikroorganizmi v prebavni cevi čebel	84
Prehrana ličink in delavk	86
Vloga maščobnega telesa	87

POMANJKANJE HRANE 90

Pomanjkanje vnosa medicīne	91
Pomanjkanje cvetnega prahu	91
Odziv gnezda na pomanjkanje hrane	94

KRMLJENJE ČEBELJIH DRUŽIN 99

Ogljikovi hidrati v naravi	102
Dodajanje ogljikovih hidratov	104
Vpliv HMF na čebele	115
Cvetni prah, nadomestki in dodatki	116
Prehrana čebelje družine skozi leto	124

OGLJIKOVI HIDRATI

Sladkorji so najpogostejša biološka molekula na svetu. Nastajajo v zelenih delih rastlin, kjer je klorofil, kot produkt fotosinteze. Fotosinteza je biokemijski proces, kjer se porabljata voda in ogljikov dioksid, nastaja pa kisik in sladkor. Ogljikovi hidrati so vir energije in strukturnih skladiščnih polisaharidov v rastlinah (v obliki škroba in inulina) ter v živalih (v obliki glikogena in hitina).

V cvetnem prahu je okoli 41 % sladkorjev, ki so v obliki škroba in gradnikov celične stene. V takšni polisaharidni obliki so sladkorji težje prebavljivi za čebele, zato te potrebujejo dodaten vir energije, ki jo dobijo iz medičine. Neprekinjen dotok medičine v panj vzdržuje pašno aktivnost čebel, ki jim ogljikohidratna hrana pomeni glavni vir energije in jo v panju dobijo v obliki medu. Energijo potrebujejo za letenje in uravnavanje temperature v panju. Sladkorji v medičini se zaradi encimske aktivnosti v telesu čebele pretvorijo v enostavne sladkorje. Kot glukoza vstopijo v Krebsov cikel v celicah, kjer se proizvajajo celična energija (ATP), ogljikov dioksid (CO_2) in voda. Glukoza se skladišči v telesu tako, da se pretvori v glikogen in shrani v telesni maščobi. Čebele dnevno potrebujejo 4 do 11 mg suhega sladkorja. Pozimi je poraba manjša.



Zrel med je pokrit z voščenimi pokrovci.

Značilnosti naravno prisotnih ogljikovih hidratov

Molekule ogljikovih hidratov sestavljajo atomi ogljika, vodika in kisika. Poznamo enostavne sladkorje ali monosaharide (npr. glukoza, fruktoza), disaharide, kjer sta dva monosaharida med seboj povezana z glikozidno vezjo (npr. saharoza, laktoza), oligosaharide (povezanost dveh do desetih monosaharidov, npr. sladkor na pesa) in polisaharide (npr. škrob, celuloza).

Monosaharidi

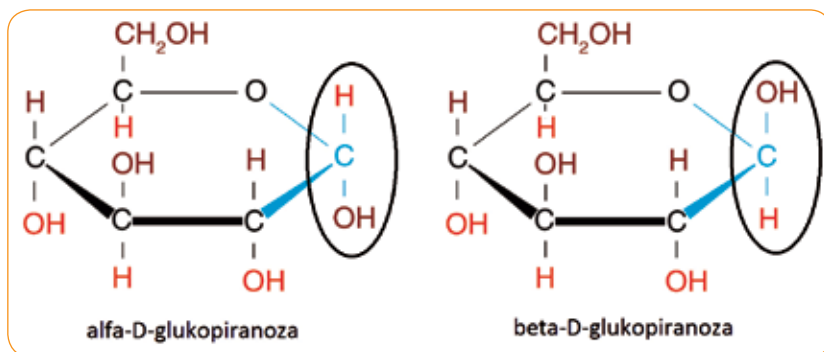
Monosaharidi so preprosti ogljikovi hidrati. Razvrščamo jih glede na vsebujočo funkcionalno skupino (aldoze, ketoze) in glede na število ogljikovih atomov (pentoze, heksoze itd.). Aldoze vsebujejo aldehydno skupino (-CHO) in ketoze ketonsko skupino (-CO). Najpreprostejša monosaharida sta D-glukoza in D-fruktoza. D-glukozo uvrščamo med aldoze, D-fruktozo med ketoze. Imata enako molekulsko formulo

$C_6H_{12}O_6$, le da je razporeditev atomov različna, zato sta strukturna izomera. Izomerizacija je proces, kjer se ena molekula pretvori v drugo z istimi atomi tako, da se atomi prerazporedijo. Najpomembnejše so strukturne izomere (stereoizomere) kot desne D-oblike in leve L-oblike. L-glukoza je zrcalna slika D-glukoze in se v naravi ne pojavlja. Monosaharidi so pretežno v ciklični obliki in se povezujejo v šestčlenske (piranoze) ali petčlenske (furanoze) obročje. Oznake alfa in beta pomenijo usmerjenost hidroksilne skupine na prvem ogljikovem C-atomu. Celuloze so sestavljene iz beta-D-glukozne enote in škrob iz alfa-D-glukozne enote.

Sladkorji imajo reducirajoče in nereducirajoče kemične lastnosti. Vsi monosaharidi in tudi nekateri oligosaharidi (npr. maltotrioza) in polisaharidi (npr. glikogen, dekstrini) so reducirajoči sladkorji (glukoza, fruktoza, galaktoza, riboza, ksiloza). Disaharide sestavljata dva monosaharida in so prav tako razvrščeni bodisi med

reducirajoče (maltoza, laktoza), bodisi med nereducirajoče sladkorje (saharozna, trehaloza). Glukoza, imenovana tudi dekstroza, krvni ali grozdni sladkor, je desnosučen stereoizomer glukoze in se lahko pretvori v različne sladkorje, tako da zamenja usmerjenost določene hidroksilne (OH) skupine. Glukoza in fruktoza sta najpomembnejša monosaharida v prehrani čebel in se neposredno absorbirata v srednjem črevesu v hemolimfo. Glukoza je glavno metabolično 'dihhalno' gorivo celic v telesu čebele. Je tudi prekursor za sintezo vseh ogljikovih hidratov v telesu. To so trehaloza, glikogen, riboza, deoksiriboza, glikolipidi, glikoproteini in proteoglikani. Glukozo pridobivamo v komercialne namene z encimsko hidrolizo škroba.

Fruktoza ali sadni sladkor (tudi levuloza) je levosučen stereoizomer fruktoze in se pojavlja v prosti obliki, običajno pa z D-glukozo in saharozo v zrelem sadju, sadnih sokovih, medu, medičini itd. Je enainpolkrat bolj sladka od sa-



Dva glavna izomera glukoze. Hidroksilna skupina (-OH) pri prvem ogljikovem C-atomu je usmerjena navzdol (levo) ali navzgor (desno).



Med v deviškem satju je na voljo gostom hotela pri zajtrku.

haroze in trikrat bolj sladka kot glukoza. Izmed vseh sladkorjev je fruktoza najbolj topna v vodi in ima najnižji glikemični indeks izmed vseh naravnih sladkorjev (glikemični indeks razvršča živila glede na dvig sladkorja v krvi po zaužitju ogljikohidratne hrane v primerjavi z glukozo in belim kruhom). Fruktoza je nepogrešljiva v procesu celičnega dihanja za proizvodnjo vira energije adenzin-3'-trifosfata (ATP) in pri izgradnji glikogena. V polisaharidni obliki jo poznamo kot inulin. Komerzialno jo pridobivajo iz trsnega sladkorja, sladkorne pese in koruze.

Oligosaharidi in polisaharidi

Oligosaharidi so skupina sladkorjev, ki jih sestavlja dva do deset monomerov. Nastajajo v procesu polimerizacije, kjer se molekula monomera veže z drugo molekulo monomera in nastane polimer. Sem sodijo disaharidi: maltoza, trehaloza, saharoza, melibioza, in trisaharidi: melecitoza, palatinoza, izomaltoza, maltuloza, rafinoza, panoza, erloza, turanoza, gentiobioza, celobioza in maltotrioza. Ogljikovi hidrati se v rastlinah lahko shranjujejo v obliki inulina in škroba. Za čebele so najpomembnej-

ši disaharidi, ki jih sestavljata glukoza in fruktoza. Ta dva monosaharida sta naravno prisotna v medu, v sadju in zelenjavi ali kot invertni sladkor in koruzni sirup (angl. *high fructose corn syrup*, HFCS).

Molekula glukoze in fruktoze sta v saharozi med seboj povezani z glikozidno vezjo (disaharid). Ta vez ne dopušča povezovanja z drugimi sladkorji, ker zasede reducirajoče skupine fruktoze in glukoze, zato je saharoza nereducirajoči sladkor.

V hrani za čebele so pogosto prisotni še naslednji oligosaharidi: maltoza, melibioza, melcitoza, rafinoza in maltotrioza.

Polisaharidi so polimeri iz več kot 10 monosaharidnih enot. Nastajajo z encimsko vezavo enostavnih sladkorjev preko glikozidnih vezi. Večina je polimerov glukoze: celuloza, škrob, glikogen in polimeri fruktoze (inulin, levan). Poznamo strukturne polisaharide, kot sta celuloza in hitin, ter skladiščne polisaharide, ki skladiščijo energijo, in sicer v rastlinah v obliki škroba ter pri živalih kot glikogen.

Sladkor v listih rastlin nastaja v procesu fotosinteze s sprejemanjem in spreminjanjem (asimilacijo) ogljikovega dioksida, nato potuje v druge dele rastlin in sodeluje v metabolnih procesih, tudi pri sintezi drugih sladkorjev. Višek se ohranja v obliki škroba v koreninah, semenih in cvetnem prahu. V povprečju je v cvetnem prahu 2 do 22 % škroba. Celuloza je polimer glukoze, ki jo sestavlja dolga veriga glukoze. Sestavlja celično steno rastlin.

Čebele, druge živali in glive sintetizirajo skladiščni polisaharid glikogen. Zbira se v maščobnem telesu in v mišičnem tkivu čebele.

Hemiceluloza je glavna sestavina surovih vlaknin, derivat sestavin stene pelodnega zrnca, ki jih encimi v prebavnem traktu ne presnavljajo. Med surove vlaknine štejemo še pektin, ki je glavna sestavina primarne celične stene cvetnega prahu, lignin in gume.

Sladkorji izvajajo spodbujevalni učinek na izražanje zaznavanja pri čebelah. Okus omogoča razlikovanje užitne od neužitne hrane. Vzorci obnašanja so pri čebelah zapisani v genetskem spominu. Dotok medicīne v panj spodbuja matiko k zaleganju jajčec, mlade krmilke spodbuja k vzreji zalege in pašni aktivnosti nabiranja cvetnega prahu. Poleg tega spodbuja čistilno sposobnost na satih z zalego, čebele zato hitreje prepoznajo in odstranijo slabotno in odmrlo zalego. Vnos medicīne v panj spodbuja mlade delavke h gradnji satja.

Medicīna ali nektar

Medicīna cvetic vsebuje različne koncentracije sladkorjev in je naravni vir ogljikovih hidratov za čebele. Izloča se skozi posebne organe, imenovane medovniki, ki so običajno na dnu čašnih ali venčnih listov. Medovniki so pri rastlinah različnih oblik in sestavljeni iz več plasti, kjer se kopiči medicīna. Zgornjo plast sestavljajo celice, skozi katere se izloča sladka tekočina. So zelo občutljiv organ, saj



Delavke predelujejo medičino v med.

nanje vplivajo temperatura in vlaga okolja ter kakovost tal.

Rastline najintenzivneje izločajo medičino pri dnevni temperaturi med 18 in 30 °C. Na aktivnost izločanja vpliva že nočna temperatura, ki ne sme biti nižja od 10 °C. Optimalno medenje poteka pri vlažnosti tal 50 do 60 % in kadar je v zraku 60 do 80 % vlage. Veter medenje zavira, ker znižuje vlago v zraku in s tem suši medičino v cvetju. Tudi nadmorska višina določa čas vegetacije in cvetenja. Za vsakih 100 m se čas podaljša za 3 dni. Primerna in dobro oskrbljena tla nudijo rastlinam ugodne pogoje za medenje.

Vsebnost ogljikovih hidratov v medičini se giblje med 5 do 60 %, odvisno od vrste rastline.

Čebele najraje nabirajo medičino, ki vsebuje med 30 in 50 % sladkorja (večina rastlin ima 25 do 40 % sladkorjev v medičini). Najpogosteje so v medičini fruktoza, glukoza in saharoza, le v majhnem deležu najdemo melibiozo in maltozo. Čebele najraje nabirajo medičino, ki vsebuje največ saharoze, nato glukoze, maltoze in fruktoze. Prav tako raje nabirajo toplo medičino, ki je manj viskozna, ne glede na vsebnost sladkorjev.

Nekatere družine rastlin izločajo medičino, ki je bogata s fruktozo in glukozo (npr. *Brassicaceae* in *Asteraceae*), druge imajo večjo koncentracijo saharoze (*Laminaceae* in *Ranunculaceae*). Po nekaterih podatkih je v medičini zastopano 55 % saharoze, 24 % glukoze in 21 % fruktoze.