

# MOLEKULE, KI DEFINIRAJO HRANO

## MOLECULES THAT DEFINE FOOD

AVTOR / AUTHOR:

izr. prof. dr. Tomaž Polak, univ. dipl. inž. živ. tehnol.  
prof. dr. Blaž Cigić, univ. dipl. kem.

*Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta,  
Oddelek za živilstvo,  
Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana*

NASLOV ZA DOPISOVANJE / CORRESPONDENCE:  
E-mail: blaz.cigic@bf.uni-lj.si

## 1 UVOD

S prehranjevanjem zadovoljujemo eno od osnovnih potreb, vendar je hrana mnogo več kot le vsota hranil, saj pomembno posega v različna področja človekovega delovanja. Večino vrst hrane lahko uživamo v presni obliki, pogostokrat pa hrano tudi procesiramo z nameni izboljšanja senzoričnih lastnosti, boljše biološke dostopnosti hranil in mikrobiološke varnosti. Seveda lahko pri procesiranju nastanejo tudi nove spojine, razgradijo se nekatera hranila in bioaktivne snovi. Kakor velja, da idealnega živila ni, tudi vpliv procesiranja ni nujno enoznačen.

Prehranska vrednost hrane je definirana z njeno kemijsko sestavo, kakor tudi z biološko dostopnostjo hranil. Biološka dostopnost vključuje vse faze in dejavnike, ki prispevajo k absorpciji v prebavnem traktu. Razviti so bili različni algoritmi, s katerimi se vrednoti prehranska vrednost nekega živila ali skupine živil glede na vsebnost hranil (1).

Priporočena količina zaužitih makrohranil in mikrohranil na dnevni bazi je odvisna od starosti, spola in nosečnosti ali

## POVZETEK

Hrana je kompleksna mešanica makrohranil, mikrohranil in ostalih bioaktivnih snovi. Makrohranila zagotavljajo potrebno energijo in osnovne gradnike za sintezo molekul in makromolekul v našem organizmu. Primerne količine in razmerja zaužitih hranil so pomemben temelj zdrave prehrane. Nekatere sestavine makrohranil, kot so esencialne aminokisliline, in esencialne maščobne kisline ter vse vitamine in minerale iz skupine mikrohranil, moramo zaužiti v ustreznih količinah. Previsok delež procesiranih in rafiniranih živil lahko vodi do prekomernega vnosa kot tudi pomanjkanja nekaterih hranil. Tudi bioaktivne snovi, ki niso esencialne, pomembno vplivajo na senzorične lastnosti, prehransko vrednost in fiziološke procese. Z uravnoteženo in pestro prehrano, ki vsebuje svežo zelenjavo in sadje, polnovredna žita in stročnice, kakor tudi živila živalskega izvora, najlažje zagotovimo ustrezen vnos makrohranil in mikrohranil.

## KLJUČNE BESEDE:

hrana, makrohranila, mikrohranila, bioaktivne snovi, COVID-19

## ABSTRACT

Food is a complex mixture of macronutrients, micronutrients and other bioactive substances. Macronutrients provide the necessary energy and basic building blocks for the synthesis of molecules and macromolecules in our body. Adequate amounts and ratios of ingested nutrients are an important foundation of a healthy diet. Certain components of macronutrients, such as essential amino acids and essential fatty acids, as well as all vitamins and minerals from the group of micronutrients, must be consumed in appropriate quantities. A diet high in processed and refined foods can lead to excessive intake as well as deficiencies of certain nutrients. Non-essential bioactive substances also have a significant influence on sensory properties, nutritional value and physiological processes. A balanced and varied diet, including fresh vegetables and fruits, whole grains and legumes, as well as foods of animal origin, is the easiest way to ensure adequate intake of macronutrients and micronutrients.

## KEY WORDS:

food, macronutrients, micronutrients, bioactive compounds, COVID-19



dojenja pri ženskah. Pri energijski vrednosti je pomemben dejavnik tudi telesna aktivnost, medtem ko je populacijski referenčni vnos (PRI) za proteine normiran na telesno maso posameznika. PRI posameznega hranila (največkrat izražen kot masa/dan) predstavlja količino, s katero naj bi 97,5 % posameznikov v populacijski skupini (spol, starost, nosečnost, dojenje) zaužilo zadostno količino makrohranila ali mikrohranila. Na področju Evropske unije je smernice o ustreznih vnosih podala Evropska agencija za varnost hrane (EFSA) (2). Posamezne države so še pred priporočili s strani EFSA podale svoje smernice, ki se v priporočilih le malo razlikujejo. Na področju Slovenije od leta 2004 tako veljajo referenčne vrednosti DACH (D – Nemčija, A – Avstrija in CH – Švica) kot nacionalni standard za načrtovanje prehrane in izdelovanje prehranskih smernic (3).

## 2 ENERGIJSKI VNOS

K energijski vrednosti hrane prispevajo manjše molekule, ki se lahko neposredno absorbirajo, ali makromolekule, ki se s hidrolitičnimi encimi do tankega črevesa razgradijo na takšne molekule. Nekatere makromolekule lahko hidrolizirajo tudi mikrobnimi encimi v debelem črevesu, kjer se določeni produkti razgradnje in mikrobnimi metaboliti ravno tako absorbirajo in prispevajo k energijski vrednosti (4). Po priporočilih EFSA naj bi odrasli večino energije zaužili v obliki ogljikovih hidratov (45–60 %) z energijsko vrednostjo 17 kJ/g in maščob (20–35 %; 37 kJ/g). K energijski vrednosti zaužite hrane prispevajo tudi proteini (17 kJ/g), kjer ob upoštevanju nekaj več kot 50 g/dan priporočenega vnosa in dieti z 8400 kJ/dan to predstavlja približno 10 % celotne energije. Ob upoštevanju 25 g ustreznega vnosa vlaknin (8 kJ/g) je prispevek le-teh k energijski vrednosti le nekaj več kot 2 %. Nikakor pa ne smemo zanemariti prispevka zaužitega alkohola. Odrasli Slovenci npr. v povprečju zaužijemo 22 g/dan (5), kar zaradi relativno visoke energijske vrednosti (29 kJ/g) prispeva skoraj 8 %. Manjši delež k energijskemu vnosu prispevajo tudi poliolli (8 kJ/g) in organske kisline (13 kJ/g). V splošnem velja, da na dejansko energijsko vrednost hrane ne vpliva le kemijska sestava, ampak tudi struktura živila. Posledično je lahko dejanska energijska vrednost manj procesirane hrane rastlinskega izvora tudi skoraj 10 % nižja od tako imenovane »zahodne diete«, za katero je značilen visok delež procesiranih živil (6).

### ALI STE VEDELI?

- Na dejansko energijsko vrednost hrane ne vpliva le kemijska sestava, ampak tudi struktura živila. Posledično je lahko energijska vrednost manj procesirane hrane rastlinskega izvora tudi 10 % nižja od tako imenovane »zahodne diete«, kot bi lahko sklepali iz vsebnosti ogljikovih hidratov, maščob in proteinov.
- V splošnem velja, da imajo živila živalskega izvora bolj uravnoteženo sestavo esencialnih aminokislin kot rastlinska živila, z izjemo soje. Ustrezno aminokislinsko sestavo rastlinskih živil lahko zagotovimo z vključevanjem žit in stročnic v vsakodnevno prehrano.
- Z vključevanjem živil iz polnozrnatih žit, zelenjave in sadja v vsakodnevno prehrano zagotovimo ustrezen vnos vlaknin, ki ugodno vplivajo na mikrobioto prebavnega trakta in na proces prebave.
- Nepredelana rastlinska hrana ne vsebuje vitamina B<sub>12</sub> in vitamina D. Posamezniki, ki ne uživajo živil živalskega izvora, lahko povečajo prehranski vnos z vključevanjem gob (vitamin D) in fermentiranih rastlinskih živil (B<sub>12</sub>) v vsakodnevno prehrano.
- Uživanje hrane, bogate s spermidinom (kalčki in mikrozelenjava, stročnice, žita), je povezano z daljšo življenjsko dobo ljudi. S povečanim prehranskim vnosom lahko nadomestimo zmanjšano endogeno biosintezo v starosti.

## 3 MAKROHRANILA

### 3.1 OGLJIKOVI HIDRATI

Med prehransko pomembne ogljikove hidrate uvrščamo zelo raznoliko skupino molekul. V kvantitativnem smislu nedvomno prevladuje mešanica glukoznih polisaharidov amiloze in amilopektina, ki jo imenujemo tudi škrob. V prebavnem traktu lahko s telesu lastnimi encimi razgradimo večino α-glikozidnih vezi med glukoznimi enotami, določenega deleža tako imenovanega rezistentnega škroba pa ne moremo razgraditi do glukoze. Slabša prebavljivost je povezana z večjim deležem intaktnih celičnih sten ter visoko stopnjo kristaliničnosti v živilu, ki se lahko tvori tudi po toplotni obdelavi (7). Posledično imajo živila z večjim deležem rezistentnega škroba manjši glikemični indeks, hkrati pa

ima takšen škrob prebiotični učinek, saj predstavlja hrano za mikroorganizme v debelem črevesu.

Drugo večjo skupino hranil iz skupine ogljikovih hidratov predstavljajo sladkorji, med katere uvrščamo monosaharide, ki jih lahko absorbiramo, ter disaharide, ki jih z endogenimi encimi razgradimo v tankem črevesu. Na globalni ravni povprečen odrasli zaužije približno 100 g sladkorjev na dan (8), kar predstavlja skoraj 20-odstotni prispevek k celotni energijski vrednosti. Kar polovico zaužite količine predstavlja tako imenovan dodani sladkor, ki je posebej problematičen zaradi velikega prispevka k skupni energijski vrednosti, ne da bi se posameznik tega zavedal, predvsem, če je zaužit v obliki sladkih pijač. 50 g zaužitega dodanega sladkorja dnevno naj bi bila tudi zgornja meja, ki jo priporočata Svetovna zdravstvena organizacija in Ameriška agencija za prehrano in zdravila. Večja količina zaužitih sladkih pijač predstavlja tveganje za debelost, pojav srčno-žilnih bolezni in diabetesa tipa 2 (9). V ZDA je od leta 2019 treba na embalaži navesti absolutno vsebnost dodanega sladkorja, kakor tudi delež, ki ga dodani sladkorji v izdelku predstavljajo, upoštevajoč zgornjo mejo 50 g. EFSA se bo do omenjenega vprašanja opredelila predvidoma konec leta 2020.

### 3.2 MAŠČOBE

Maščobne kisline (MK), ki so zaestrene z glicerolom, so najbolj reducirana oblika makrohranil, ki ji zaužijemo. Posledično se pri njihovi oksidaciji sprosti največ energije, zato imajo maščobe najvišjo energijsko vrednost. Maščobne kisline se razlikujejo v dolžini verige, številu in položaju dvojnih vezi ter geometrijski izomeriji. Uživanje maščob z visokim deležem nasičenih MK, predstavlja določeno prehransko tveganje. Različne študije so pokazale, da povečan vnos nenasičenih MK v primerjavi z nasičenimi rezultira v manjši smrtnosti in predvsem manjši pojavnosti srčno-žilnih bolezni (10). Pozitiven učinek je bolj izrazit pri večkrat nenasičenih MK. Dve od teh, linolna (omega-6; 18:2) in alfa-linolenska (omega-3, 18:3) sta tudi esencialni, kar pomeni, da ju moramo zaužiti s hrano. V skladu s priporočili EFSA naj bi 18:2 predstavljala 4 % energijskega vnosa, 18:3 pa 0,5 %. V sodobni prehrani je to razmerje pogosto porušeno, saj ima večina olj in masti precej večji delež 18:2, kar lahko poveča tveganje za debelost in pojav srčno-žilnih bolezni (11). Posebej pomembne v prehrani so dolgoverižne omega-3 MK, ki jih načeloma lahko sintetiziramo iz 18:3, vendar je izkoristek relativno slab, zato je priporočljivo uživati pelaške ribe (npr. sardele), ki so izjemno bogat vir eikozapentaenojske (20:5) in dokozaheksaenojske

kisline (22:6). Kljub nekaterim prehranskim prednostim večkrat nenasičenih MK, so slednje, zaradi večjega števila dvojnih vezi, tudi bolj podvržene oksidaciji. Nastali produkti negativno vplivajo na senzorične lastnosti, kakor tudi na pojavnost nekaterih kroničnih bolezni (12). Negativen vpliv ima tudi povečan delež *trans*-MK v hrani, ki vpliva na povečano razmerje med lipoproteini majhne in velike gostote ter posredno na pojavnost srčno-žilnih bolezni (13). V skladu s tem je večje število držav, med njimi tudi Slovenija, omejilo vsebnost *trans*-MK v živilih na 2 g/100 g skupnih maščob. Izjemo predstavljajo *trans*-MK, ki jih najdemo predvsem v mesu in mleku prežvekovalcev, saj zakonodaja opredeljuje samo *trans*-MK, ki niso že naravno prisotne v osnovnih živilih.

### 3.3 PROTEINI

Količina proteinov, ki jo v povprečju zaužijemo na področju Evrope, 69 g/dan za ženske in 90 g/dan za moške, presega spodnjo mejo priporočila Svetovne zdravstvene organizacije, po kateri naj bi 10 % energije zaužili v obliki proteinov (14) in v večini držav tudi zgornjo mejo 15 % energijske vrednosti. Odstopanja so tudi v primerjavi s priporočili EFSA, ki ob upoštevanju referenčne telesne mase 58,5 kg za ženske in 68,1 kg za moške ter populacijskega referenčnega vnosa za odrasle 0,83 g/kg telesne mase znašajo 48,6 g/dan oziroma 56,5 g/dan. Proteinov zaužijemo v povprečju dovolj, ali celo več od priporočil, izjemo predstavlja morda le starejša populacija, kjer je, zaradi manjšega skupnega vnosa hranil, treba povečati delež proteinov v vsakodnevni prehrani.

Proteini povzročajo tudi večino prehranskih alergij, ki po nekih ocenah lahko prizadenejo med 4 % in 8 % populacije (15). V zadnjem času ugotavljajo, da resen problem predstavlja celiakija, ki je povezana z vnosom proteinov nekaterih izdelkov iz žit. Kar 1,4 % svetovne populacije naj bi imelo protitelesa, značilna za to bolezen, od teh polovica tudi poškodbe na sluznici tankega črevesa (16). Uživanje izdelkov, ki ne vsebujejo glutena, je postalo tržno zanimivo tudi v kontekstu celotne populacije, predvsem zaradi nekaterih vplivnežev, a učinek takšne diete na zdravje zaenkrat še ni dobro proučen (17).

V prehranskem smislu sta poleg količine zaužitih proteinov pomembna dejavnika tudi aminokislinska sestava in biološka dostopnost iz različnih živil. Na osnovi ustreznosti sestave esencialnih aminokislin in prebavljivosti beljakovin, se posamezna živila tudi rangira (PDCAAS; ang. *protein digestibility-corrected amino acid score*). V splošnem velja, da imajo živila živalskega izvora večji PDCAAS kot rastlin-



ska živila, kjer je npr. pri žitih limitirajoča aminokislina lizin, pri stročnicah pa metionin in cistein. Od pomembnih rastlinskih živil, glede aminokislinske sestave v pozitivnem smislu, izstopa soja, ki ima uravnoteženo sestavo esencialnih aminokislin in velik PDCAAS (18), ki je primerljiv oziroma celo večji od mnogih živil živalskega izvora. Pomemben dejavnik, ki zmanjšuje prehransko vrednost rastlinskih beljakovin, je prisotnost celičnih sten. V sistemu *in vitro* prebave so pokazali, da zmanjšanje velikosti delcev in toplotna obdelava občutno izboljšata biološko dostopnost proteinov (19).

### 3.4 VLAKNINE

Med vlaknine uvrščamo polisaharide, katerih glikozidne vezi ne moremo razgraditi s telesu lastnimi encimi. Fizikalnokemijske lastnosti vlaknin in prebavljivost v debelem črevesu so močno pogojene s topnostjo. V splošnem velja, da topne vlaknine povečujejo viskoznost in so boljši prebiotiki (hrana za mikroorganizme v debelem črevesu) od netopnih. Posledica povečane viskoznosti prebavne vsebine je počasnejša razgradnja kompleksnih makrohranil in absorpcija hranil v tankem črevesu, kar posredno prispeva k zniževanju glikemičnega indeksa živil z visokim deležem takšnih vlaknin (20), poveča se tudi občutek sitosti. Zaradi ugodnih učinkov na zdravje, se lahko ob ustrezni vsebnosti na živilih navaja prehranske trditve za  $\beta$ -glukane in pektine v povezavi z vzdrževanjem normalne ravni holesterola in manjšem porastu ravni glukoze v krvi po obroku. Sadje in zelenjava vsebujeta dosti pektina, medtem ko sta predvsem oves in ječmen bogat vir  $\beta$ -glukanov, iz katerih lahko z mletjem in frakcioniranjem pripravimo z  $\beta$ -glukani bogate frakcije (21).

Večino topnih vlaknin, kakor tudi nekatere netopne, v debelem črevesu mikrobi pretvorijo v monosaharide in metabolizirajo v kratkoverižne maščobne kisline. Butirat predstavlja vir energije za kolonocite, medtem ko se propionat in acetat absorbirata v kri in metabolizirata v različnih tkivih (22). Hidratizirane netopne vlaknine (npr. celuloza), ki se ne razgradijo v debelem črevesu, vežejo vodo in olajšajo ter pospešijo izločanje. Na netopne vlaknine se lahko z medmolekulskimi interakcijami vežejo molekule, kot so holesterol, ksenobiotiki in nekateri toksični metaboliti, kar pospeši njihovo izločanje (23). Tudi zaradi vključevanja predelanih in rafiniranih živil v prehrano, prebivalci velike večine evropskih držav uživajo manj vlaknin (14) od priporočenih 25 g/dan s strani EFSA. Ustrezen prehranski vnos najlažje dosežemo z vključevanjem živil iz polnozrnatih žit, zelenjave in sadja v vsakodnevno prehrano.

## 4 VITAMINI IN BIOAKTIVNE MOLEKULE

### 4.1 VITAMINI

Poleg makrohranil predstavljajo vitamini nedvomno najpomembnejšo skupino molekul, ki jih vnašamo v telo s hrano. Vitamini so molekule, ki jih ne moremo sami, ali vsaj ne v zadostni meri, sintetizirati, so pa nujno potrebni za različne fiziološke procese. Na osnovi polarnosti se to pestro skupino molekul razvrsti v štiri lipidotopne in devet vodotopnih vitaminov. Različni vitamini imajo največkrat funkcijo encimskih kofaktorjev, so antioksidanti, regulirajo izražanje nekaterih genov, vplivajo na delovanje imunskega sistema, proces strjevanja krvi, absorpcijo kalcija, zaznavanje elektromagnetnega valovanja v vidnem delu spektra in nekatere druge procese (24).

Praktično za vse vitamine velja, da znotraj posameznega vitamina obstaja polje spojin (različni vitamini), ki imajo funkcije, značilne za posamezen vitamin in se lahko v organizmu medsebojno pretvarjajo. Pri vitaminu A so npr. vitamini retinol, retinal in retinojska kislina. Nekatere spojine, imenovane provitamini, ki jih zaužijemo s hrano in same po sebi nimajo vitaminskega učinka, lahko s telesu lastnimi encimi pretvorimo v molekule z vitaminskim učinkom, kot to velja za nekatere karotenoide (provitamini A).

V širši populaciji se predvsem sadje in zelenjava dojemata kot najboljši vir vitaminov. To morda velja, če vsebnost normaliziramo na energijsko vrednost in v absolutnem smislu tudi za vitamin C, ki ga drugi prehranski viri vsebujejo v precej manjši količini. V splošnem pa je potrebno upoštevati, da pestra in uravnotežena prehrana, v kateri ne manjkajo polnozrnatata žita, stročnice, meso, mleko in mlečni izdelki, jajca in gobe, zagotavlja uravnotežen vnos vitaminov. Ker rastlinska hrana ne vsebuje vitamina B<sub>12</sub> in z redkimi izjemami tudi ne vitamina D, morajo posebno pozornost ustreznemu vnosu nameniti vegani (25, 26) kjer je priporočljivo uživanje prehranskih dopolnil, z vitaminoma obogatjenih živil ali večjega vključevanja gob (vitamin D) ali fermentiranih živil (B<sub>12</sub>) v vsakodnevno prehrano.

Biološka uporabnost posameznega vitamina je lahko različna (27). Posledično se vsebnost nekaterih vitaminov (A, D, E, B<sub>3</sub> in B<sub>12</sub>) v živilu izraža kot vsota masnih ekvivalentov najbolj učinkovitega, pri čemer se dejanske mase manj učinkovitih vitaminov množi z vrednostmi, ki so manjše od 1 (28). Velik vpliv na dostopnost vitaminov iz prebavil ima lahko tudi samo matriks (živilo). Lipidotopni

vitamini se bolje absorbirajo iz lipidnega matriksa, na zmanjšano absorpcijo biotina vpliva nativna oblika proteina avidina (jajca), dostopnost niacina iz koruze je močno izboljšana, če le-to kuhamo v alkalni raztopini.

## 4.2 TERPENOIDI

Vsakodnevno uživamo veliko različnih molekul iz skupine terpenoidov, ki so zgrajene iz izoprenskih enot. V splošnem so takšne molekule nepolarne in so dobro topne v oljih.

Med karotenoide uvrščamo spojine iz osmih izoprenskih enot (tetraterpenoidi), za katere so značilne dolge verige s konjugiranimi dvojnimi vezmi. Pri rastlinah imajo karotenoidi funkcijo absorpcije svetlobe določenih valovnih dolžin v procesu fotosinteze, hkrati pa so tudi dobri antioksidanti, saj omogočajo prenos energije iz zelo reaktivnega singletnega kisika, ne da bi prišlo do reakcij oksidacije (29). V splošnem velja, da so karotenoidi antioksidanti tudi v živilih, bogatih z lipidi, a lahko pri povišanih temperaturah in visokih parcialnih tlakih kisika delujejo tudi kot prooksidanti (30). Tudi prehranska vloga karotenoidov, z izjemo provitaminov A, ni nujno enoznačna. Čeprav je več študij pokazalo, da so pomembni za zdravje oči, izboljšanje kognitivnih sposobnosti ter manjšo pojavnost srčno-žilnih bolezni in raka, so na drugi strani tudi raziskave, ki takšnih ugotovitev niso podprle, oziroma prevelik vnos deluje tudi negativno (31). V zadnjih letih se je izkazalo, da imajo pomembno vlogo v prehrani fitosteroli, ki predstavljajo mešanico rastlinskih sterolov, med katerimi prevladuje sitosterol. Fitosteroli interferirajo z absorpcijo holesterola, saj se ob večji vsebnosti fitosterolov absorbira manj holesterola. Posledično se zmanjša skupna koncentracija holesterola (32). V skladu s temi ugotovitvami je EFSA izdala priporočilo o uporabi zdravstvene trditve, da ustrezno povečan vnos rastlinskih sterolov zmanjša holesterol v plazmi, kar lahko vpliva na manjšo pojavnost srčno-žilnih bolezni. Tudi na trgovskih policah v Sloveniji lahko najdemo večje število izdelkov (npr. margarine), ki ustrezajo kriteriju za zdravstveno trditev (33).

## 4.3 BIOGENI AMINI

Med biogene amine uvrščamo določene alifatske in aromatske spojine z eno ali več aminskimi skupinami. Nekatere biogene amine sintetiziramo sami in imajo pomembno vlogo živčnih prenašalcev, hormonov, antioksidantov ali molekul, vključenih v imunski odziv. Biogene amine vsakodnevno tudi vnašamo s hrano in do nedavnega so bili izpostavljeni predvsem negativni aspekti. Molekule, ki jih tvorijo bakterije (nekatero enterobakterije in laktobacili) z

dekarboksilacijo aminokislin, lahko vplivajo na fiziološke procese (34). Predvsem histamin in tiramin, ki se akumulirata v nekaterih fermentiranih ali pokvarjenih živilih, lahko po zaužitju sprožita psevdoalergijske reakcije (histamin) ali močno povišan krvni tlak (tiramin).

Niso pa vsi biogeni amini zdravju škodljivi. Izkazalo se je, da je prehranski vnos poliaminov, kot so agmatin, spermidin in spermin, zaželen. Agmatin ima antidepresivni učinek (35) v količinah, ki niso škodljive zdravju, povečan prehranski vnos spermina in spermidina pa je povezan z daljšo življenjsko dobo ljudi (36). Pri sperminu in spermidinu naj bi predvsem v starosti kompenzirali zmanjšano stopnjo endogene biosinteze, saj sta molekuli zelo pomembni v procesu avtofagije (37), ki je ključna za normalno delovanje celice. Postavljene so bile tudi prehranske baze, iz katerih je razvidno, da so stročnice in križnice, fermentirana živila ter meso najboljši prehranski viri (38). S kaljenjem stročnic in križnic se inducira endogena biosinteza poliaminov, zato so kalčki in mikrozeljenjava še posebej bogat prehranski vir (39).

## 4.4 ORGANOŽVEPLOVE SPOJINE

Rastline iz skupine križnic in lukov vsebujejo nekatere organožveplove spojine, ki so za te rastline pomembne za odvratanje rastlinojedcev in protimikrobno zaščito. Te rastline vsebujejo prekurzorske molekule, kakor tudi ustrezne encime, ki ob poškodbi celic praktično v nekaj sekundah katalizirajo pretvorbo prekurzorskih molekul, pri čemer se pri nadaljnjih neencimskih reakcijah tvorijo različne bioaktivne komponente.

Za rastline iz skupine lukov, kot sta česen in čebula, je značilna visoka vsebnost alilnih in alilnih derivatov cistein sulfoksida, ki se z encimsko kataliziranimi in nekataliziranimi reakcijami pretvorijo v tiosulfinate in njihove razgradne produkte. Predvsem za alicin, ki ga najdemo v česnu, so ugotovili mnoge pozitivne učinke na zdravje, ki pa v veliki meri temeljijo na rezultatih eksperimentov, opravljenih na celičnih kulturah in pri modelnih živalih. Za dokončno potrditev učinkov bo treba opraviti še večje število kliničnih raziskav (40, 41). Že danes pa lahko na trgovskih policah najdemo veliko prehranskih dopolnil na osnovi česna.

Podobno funkcijo kot derivati cistein sulfoksida pri lukih imajo glukozinolati (tioglikozidi) pri križnicah (42). Po poškodbi tkiva encimi mirozinaze katalizirajo hidrolizo glikozidne vezi, čemur sledijo neencimske pretvorbe do različnih izotiocianatov. Zgodovinsko gledano so bili glukozinolati problematični v humani prehrani predvsem zaradi dejstva, da razgradni produkti nekaterih glukozinolatov zmanjšujejo učinkovitost absorpcije joda (43). V zadnjem času pa večje



število raziskav kaže na pozitivne učinke na zdravje. Predvsem sulforafan, ki nastane iz glukozinolata glukorafanina, značilnega za brokoli in brstični ohrovt, vpliva na indukcijo biosinteze antioksidantov in encimov, ki so vključeni v kemijsko modifikacijo ksenobiotikov (44). Razlike v procesiranju in pripravi živil iz križnic lahko vodijo do velikih razlik v vsebnosti posameznih glukozinolatov in njihovih metabolitov. Že z rezanjem zelja lahko npr. povečamo vsebnost nekaterih glukozinolatov (45).

## 5 SKLEP – VLOGA PREHRANE V EPIDEMIJI COVID-19

Neustrezna prehrana neposredno vpliva na pojavnost diabetesa tipa 2, hipertenzije, srčno-žilnih bolezni in debelosti, ki so med dejavniki z najbolj izraženim negativnim vplivom na potek okužbe z virusom COVID-19 (46). Osebe s preveliko telesno maso so izrazito izpostavljene hujšim zapletom, zaradi katerih so posamezniki sprejeti na oddelke intenzivne nege in priključeni na respiratorje (47). Predvidevajo, da je ravno večja stopnja debelosti pri starejši populaciji v Italiji in ZDA v primerjavi s Kitajsko eden od ključnih dejavnikov, ki vplivajo na visoko smrtnost (48). Za tako imenovano zahodno dieto je značilen visok delež nasičenih maščob, lahko prebavljivih polisaharidov in sladkorjev, neustrezno razmerje med omega-3 in omega-6 maščobnimi kislinami ter prenizek prehranski vnos vlaknin in antioksidantov. Takšna prehrana lahko vodi do sistemskega kroničnega vnetja, za katerega je značilna aktivacija prirojenega imunskega sistema in zaviranje pridobljenega imunskega sistema, kar poslabša imunski odziv v primeru virusnih okužb kot je COVID-19 (49).

Na drugi strani je precejšen delež bolnikov tudi podhranjenih, kar ravno tako negativno vpliva na potek bolezni. V Italiji so tako razvili protokol (50), kjer vsem pacientom, ki se lahko sami prehranjujejo, po obroku še dodatno ponudijo pijačo z visoko vsebnostjo sirotkinih proteinov ter jim z infuzijo dovedejo zadostno količino vitaminov in mineralov. Pri vseh pacientih so tudi določili vsebnost vitamina D in ga po potrebi dodali, saj se je ta na osnovi preteklih raziskav izkazal kot izjemno pomemben za ustrezen imunski odziv v primeru virusnih okužb (51).

Tudi v okviru laične javnosti je bilo ob pojavu epidemije opaziti velik porast zanimanja za nekatera mikrohranila. Iz podatkov, pridobljenih s spletnim orodjem Google Trends, je npr. razviden velik porast proizvodov, vezanih na

vitamine na splošno (predvsem vitamin C) in cink. Če lahko povečan interes za vitamin C povežemo z močnim oglaševanjem vitamina C v povezavi z ublažitvijo simptomov prehlada, ki temelji na znanstvenih ugotovitvah (52), je povečan interes za cink najbrž povezan z lažnimi novicami, da dodatek cinkovih ionov v pijači Schweppes lahko pozdravi oziroma ublaži simptome poteka okužbe z virusom COVID-19.

## 6 LITERATURA

1. Fulgoni VL, Keast DR, Drewnowski A. Development and Validation of the Nutrient-Rich Foods Index: A Tool to Measure Nutritional Quality of Foods. *J Nutr.* 2009 Jun 23;139(8):1549-54.
2. Dietary Reference Values for nutrients Summary report. EFSA Support Publ [Internet]. 2017 Dec 8 [cited 2020 May 9];14(12). Available from: <http://doi.wiley.com/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
3. Referenčne vrednosti za energijski vnos ter vnos hranil | [www.nijz.si](http://www.nijz.si). [cited 2020 May 9]. Available from: <https://www.nijz.si/sl/referencne-vrednosti-za-energijski-vnos-ter-vnos-hranil>
4. Hervik AK, Svihus B. The Role of Fiber in Energy Balance. Razaque MS, editor. *J Nutr Metab.* 2019;2019:4983657.
5. V Sloveniji visoka registrirana poraba alkohola, a v 2016 spodbudno nižja kot leto prej | [www.nijz.si](http://www.nijz.si). [cited 2020 May 9]. Available from: <https://www.nijz.si/sl/v-sloveniji-visoka-registrirana-poraba-alkohola-a-v-2016-spodbudno-nizja-kot-leto-prej>
6. Capuano E, Oliviero T, Fogliano V, Pellegrini N. Role of the food matrix and digestion on calculation of the actual energy content of food. *Nutrition Reviews.* 2018 Apr; 76(4):274-89.
7. Lockyer S, Nugent AP. Health effects of resistant starch. *Nutr Bull.* 2017 Mar 1;42(1):10-41.
8. Newens KJ, Walton J. A review of sugar consumption from nationally representative dietary surveys across the world. *J Hum Nutr Diet.* 2016 Apr 1;29(2):225-40.
9. Malik VS, Hu FB. Sugar-sweetened beverages and cardiometabolic health: An update of the evidence. *Nutrients.* 2019 Aug 8;11(8):1840.
10. Clifton PM, Keogh JB. A systematic review of the effect of dietary saturated and polyunsaturated fat on heart disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2017 Dec 1;27(12):1060-80.
11. Simopoulos AP. An increase in the Omega-6/Omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients.* 2016 Mar 2;8(3):128.
12. Jackson V, Penumetcha M. Dietary oxidised lipids, health consequences and novel food technologies that thwart food lipid oxidation: an update. *Int J Food Sci Technol.* 2019 Jun 21;54(6):1981-8.
13. Brouwer IA, Wanders AJ, Katan MB. Effect of animal and industrial Trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans - A quantitative review. *PLoS One.* 2010 Mar 2;5(3).
14. Rippin HL, Hutchinson J, Jewell J, Breda JJ, Cade JE. Adult nutrient intakes from current national dietary surveys of european populations. *Nutrients.* 2017 Nov 27;9(12):1288.
15. Overview NIAID A. Food Allergy: An Overview [Internet]. [cited 2020 May 9]. Available from: [www.niaid.nih.gov](http://www.niaid.nih.gov)

16. Singh P, Arora A, Strand TA, Leffler DA, Catassi C, Green PH, et al. Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2018 Jun 1;16(6):823-836.
17. Khakollari V, Canavari M, Osman M. Factors affecting consumers' adherence to gluten-free diet, a systematic review. *Trends in Food Science and Technology*. 2018 Dec 14;85:23-33
18. Hughes GJ, Ryan DJ, Mukherjea R, Schasteen CS. Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: Criteria for evaluation. *J Agric Food Chem*. 2011 Dec 14;59(23):12707-12.
19. Zahir M, Fogliano V, Capuano E. Effect of soybean processing on cell wall porosity and protein digestibility. *Food and Function*. 2020;11:285-96.
20. Avberšek Lužnik I, Lušnic Polak M, Demšar L, Gašperlin L, Polak T. Does type of bread ingested for breakfast contribute to lowering of glycaemic index? *J Nutr Interned Metab*. 2019 Jun 1;16:100097.
21. Cajzek F, Bertonecclj J, Kreft I, Poklar Ulrih N, Polak T, Požrl T, et al. Preparation of  $\beta$ -glucan and antioxidant-rich fractions by stone milling of hull-less barley. *Int J Food Sci Technol*. 2020 Feb 28;55(2):681-9.
22. Fuller S, Beck E, Salman H, Tapsell L. New Horizons for the Study of Dietary Fiber and Health: A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2016 Feb 4;71:1-16.
23. Capuano E. The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017 Nov 2;57(16):3543-64.
24. Combs GF, McClung JP. Chapter 2 - Discovery of the Vitamins. In: Combs GF, McClung JPBTV (Fifth E, editors. Academic Press; 2017. p. 7-31. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128029657000022>
25. Pawlak R, Lester SE, Babatunde T. The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: A review of literature. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2014 Mar 26;68:541-8.
26. Crowe FL, Steur M, Allen NE, Appleby PN, Travis RC, Key TJ. Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: Results from the EPIC-Oxford study. *Public Health Nutr*. 2011 Feb;14(2):340-6.
27. Gregory JF. Accounting for differences in the bioactivity and bioavailability of vitamins. In: *Food and Nutrition Research*. 2012 Apr 2;56.
28. Unit Conversions [Internet]. [cited 2020 May 9]. Available from: <https://dietarysupplementdatabase.usda.nih.gov/Conversions.php>
29. Sun T, Yuan H, Cao H, Yazdani M, Tadmor Y, Li L. Carotenoid Metabolism in Plants: The Role of Plastids., *Molecular Plant*. 2018 Jan 8;11(1):58-74.
30. Chen B, Mccllements DJ, Decker EA. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2011 Sep 28;51:901-16.
31. Eggersdorfer M, Wyss A. Carotenoids in human nutrition and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2018 Jun 6;652:18-26
32. Moreau RA, Nyström L, Whitaker BD, Winkler-Moser JK, Baer DJ, Gebauer SK, et al. Phytosterols and their derivatives: Structural diversity, distribution, metabolism, analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research*.; 2018 Apr 5;70:35-61.
33. Uredba Komisije (EU) št. 718/2013 z dne 25. julija 2013 o spremembi Uredbe (ES) št. 608/2004 o označevanju živil in sestavin živil z dodanimi fitosteroli, estri fitosterolov, fitostanoli in/ali estri fitostanolov Besedilo velja za EGP. 2013 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:32013R0718>
34. Ladero V, Calles-Enriquez M, Fernandez M, A. Alvarez M. Toxicological Effects of Dietary Biogenic Amines. *Curr Nutr Food Sci*. 2010 May 1;6(2):145-56.
35. Shopsin B. The clinical antidepressant effect of exogenous agmatine is not reversed by parachlorophenylalanine: A pilot study. *Acta Neuropsychiatr*. 2013;25(2):113-8.
36. Kiechl S, Pechlaner R, Willeit P, Nottdurfter M, Paulweber B, Willeit K, et al. Higher spermidine intake is linked to lower mortality: a prospective population-based study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2018 Jun 28;108(2):371-80.
37. Madeo F, Eisenberg T, Pietroccola F, Kroemer G. Spermidine in health and disease. *Science*. 2018 Jun 26; 359(6374):2018.
38. Muñoz-Esparza NC, Latorre-Moratalla ML, Comas-Basté O, Toro-Funes N, Veciana-Nogués MT, Vidal-Carou MC. Polyamines in food. *Frontiers in Nutrition*. 2019 Jul 11;6:108.
39. Kralj Cigić I, Rupnik S, Rijavec T, Poklar Ulrih N, Cigić B. Accumulation of Agmatine, Spermidine, and Spermine in Sprouts and Microgreens of Alfalfa, Fenugreek, Lentil, and Daikon Radish. *Foods*. 2020 May 1;9(5):547.
40. Shang A, Cao SY, Xu XY, Gan RY, Tang GY, Corke H, et al. Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*. 2019 Jul 5;8(7):246.
41. Salehi B, Zucca P, Orhan IE, Azzini E, Adetunji CO, Mohammed SA, et al. Allicin and health: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*. 2019 Apr;86:502-16.
42. Halkier BA, Gershenzon J. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annual Review of Plant Biology*. 2006 Jun 2;57(1):303-33.
43. Felker P, Bunch R, Leung AM. Concentrations of thiocyanate and goitrin in human plasma, their precursor concentrations in brassica vegetables, and associated potential risk for hypothyroidism. *Nutrition Reviews*. 2016 Mar 5;74(4):248-58.
44. Dinkova-Kostova AT, Kostov R V. Glucosinolates and isothiocyanates in health and disease. *Trends in Molecular Medicine*. 2012;18(6):337-47.
45. Požrl T, Cigić B, Demšar L, Hribar J, Polak T. Mechanical stress results in immediate accumulation of glucosinolates in fresh-cut cabbage. *Journal of Chemistry* 2015;2015:7.
46. Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2020 Mar 28;395(10229):1054-62.
47. Kalligeros M, Shehadeh F, Mylona EK, Benitez G, Beckwith CG, Chan PA, et al. Association of Obesity with Disease Severity among Patients with COVID-19. *Obesity*. 2020 Apr 30 ;28(7):1200-04.
48. Dietz W, Santos-Burgoa C. Obesity and its Implications for COVID-19 Mortality. *Obesity*. 2020 Apr 18;28(6):1005.
49. Butler MJ, Barrientos RM. The impact of nutrition on COVID-19 susceptibility and long-term consequences. *Brain, Behavior, and Immunity*. Academic Press Inc.; 2020.
50. Caccialanza R, Laviano A, Lobascio F, Montagna E, Bruno R, Ludovisi S, et al. Early nutritional supplementation in non-critically ill patients hospitalized for the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): Rationale and feasibility of a shared pragmatic protocol. *Nutrition*. 2020 Apr 3;110835.
51. Teymooori-Rad M, Shokri F, Salimi V, Marashi SM. The interplay between vitamin D and viral infections. *Rev Med Virol*. 2019 Mar 1;29(2):e2032.
52. Hemilä H, Chalker E. Vitamin C for preventing and treating the common cold., *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2013 Jan 31;1: Art. No.: CD000980.

