



VPLIV TEHNOLOŠKIH POSTOPKOV NA VSEBNOST VITAMINOV IN MINERALOV V ŽIVILIH

Mateja Lušnic Polak

1 PRISTOPI ZA POVEČANJE VSEBNOSTI VITAMINOV IN MINERALOV

Danes kljub raznolikosti in razpoložljivosti hrane še vedno veliko ljudi trpi pomanjkanje posameznih mikrohranil. Problem so predvsem revnejša področja s pretežno rastlinsko prehrano. V prvi vrsti se omenjajo vitamin A, železo in jod, sledijo cink, kalcij, selen in folna kislina. Velikokrat je problem tudi slabša

biološka uporabnost iz rastlinske hrane v primerjavi z živilom živalskega izvora. Pristopi za povečanje vsebnosti mikrohranil so lahko različni in vključujejo agronomske prakse, prehrano živali, biotehnološke pristope in dodajanje mikrohranil v osnovna živila ali izdelke, namenjene takojšnji uporabi (1, 2).

1.1 Biofortifikacija živil rastlinskega izvora

Biofortifikacija predstavlja trajnostno rešitev pri reševanju pomanjkanja mikrohranil in vključuje različne načine povečanja prehranske vrednosti rastlinskih živil že v fazi rasti. To lahko dosežemo z ustreznimi načini pridelave, klasičnim žlahtnjenjem ali modernimi biotehnološkimi pristopi. Na ta način se poveča prehranska vrednost živil v celotni verigi, kar je še posebej pomembno v tistih predelih sveta, kjer se uživa malo procesiranih živil in naknadno dodajanje mineralov in vitaminov ni redna praksa (3, 4, 5).

Obogatitev izvedemo v času gojenja različnih poljščin, predvsem riža, pšenice, koruze, sladkega krompirja in stročnic. Agronomske prakse in okoljski dejavniki pomembno vplivajo na vsebnost vitaminov in mineralov v živilih rastlinskega izvora (6). Prisotnost vitaminov in mineralov je odvisna od genetskih lastnosti posamezne rastline, podnebnih pogojev, sestave oziroma rodovitnosti tal in stopnje zrelosti

v fazi pobiranja oziroma žetve. Stresni dejavniki, kot so povečana slanost tal, ekstremne temperature in sušne razmere, lahko bistveno spremenijo sestavo mikrohranil in posledično prehransko kakovost. Tako prevelika slanost tal privede do pomanjkanja oziroma neravnovesja mineralov, v primeru suše je privzem mineralov osiromašen (5, 7).

Dognojevanje tal, v prvi vrsti z dušikom, kalijem in fosforjem, je še vedno med najbolj praktičnimi in učinkovitimi metodami zagotavljanja zadostne vsebnosti mineralov. Dognojevanje z mikrohranili je v splošnem dobro sprejeto v kmetijstvu, saj prispeva tudi k večjemu hektarskemu donosu. Omenjajo se različna žita, predvsem riž in pšenica, obogatena z železom in cinkom. Študija o obogatitvi sojinih kalčkov z raztopino cinkovega sulfata je pokazala značilno večjo vsebnost in biološko uporabnost cinka v užitem delu rastline v primerjavi s kontrolo (7, 8).

Izjemo na določen način predstavljata selen in jod, ki za rastline nista esencialna, akumulacija v rastlini je predvsem odvisna od njihove vsebnosti v tleh, ki pa je močno pogojena z geografskim območjem in sposobnostjo rastline za privzem. Selen lahko dodajamo v obliki natrijevega selenita oziroma selenata (9). Študije na nekaterih rastlinah so pokazale, da je akumulacija selena učinkovitejša v obliki selenata. Kot primer lahko omenimo ajdo, kjer je bila obogatitev izvedena z dognovitvijo tal z natrijevim selenatom oziroma s škropljenjem listov v času njenega cvetenja (6).

Pri klasični selekciji je pomembno tudi križanje sort, kjer je za eno sorto značilna dobra akumulacija ustreznega mikrohranila, druga pa zagotavlja velike hektarske donose. S tem pristopom so npr. pridobili sorte riža z velikimi donosi in s povečano vsebnostjo cinka ter železa (10). Razvoj genske tehnologije je prinesel nove izzive. Danes so gensko spremenjene rastline zasajene na več kot 10 % obdelovalne zemlje. Izboljšana vsebnost in biološka uporabnost mikrohranil v osnovnih živilih je ena od možnosti, ki jo opisana tehnologija ponuja (6, 11). Sinonim razvoja na omenjenem področju predstavlja tako imenovani zlati riž, kjer so s tehnikami molekularne biologije v genom riža, ki v zrnih ne sintetizira karotenoidov,

1.2 Biofortifikacija živil živalskega izvora

S prehrano živali lahko pomembno vplivamo na sestavo mleka, jajc in mesa. Tako je na primer barva jajc in s tem vsebnost karotenoidov (nekateri se lahko pretvorijo v vitamin A) v prvi vrsti povezana s prehrano kokoši. Bolj rumena jajca so značilna za tiste kokoši, ki uživajo koruzo ali so v prosti reji, kjer se hranijo z listi, bogatimi s karotenoidi (1).

Pri vključevanju karotenoidov v prehrano kokoši nesnic so ugotovili, da povečana vsebnost v krmi dejansko pomeni povečano vsebnost karotenoidov v jajcih, vendar razmerja karotenoidov v krmi ne ustrezajo tistim v rumenjaku, saj se v jajcu akumulirajo predvsem karotenoidi, ki nimajo učinka vitamina. Vključevanje joda, cinka, mangana in selena v krmo kokoši je ravno tako vodilo do povečane vsebnosti v jajcih, vendar so tudi v tem primeru ugotovili, da ima lahko oblika dodanega minerala (oksidacijsko



DOBRO JE VEDETI

- ▶ Kljub raznolikosti in razpoložljivosti hrane še vedno veliko ljudi trpi pomanjkanje posameznih mikrohranil. V prvi vrsti se omenjajo vitamin A, železo in jod, sledijo cink, kalcij, selen in folna kislina.
- ▶ Biofortifikacija predstavlja trajnostno reševanje pomanjkanja posameznih mikrohranil in vključuje različne načine povečanja prehranske vrednosti živil.

vstavili manjkajoče gene. Z optimizacijo so dobili kultivarje, kjer so vsebnosti beta-karotena v zlatem rižu primerljive s tistimi v listnati zelenjavi in korenovkah. Na afriških poljih je že nekaj let zasejana gensko modificirana kasava s povečano vsebnostjo beta-karotena in železa. V fazi raziskav je trenutno še večje število gensko modificiranih kultivarjev pšenice, riža, koruze, soje, ječmena, stročnic, oljnic, zelenjave in sadja. Največkrat je cilj večja vsebnost karotenoidov, folne kisline ter vitaminov C in E, med minerali pa večja vsebnost železa in cinka (5, 6).

stanje, velikost delcev) velik vpliv na njegovo akumulacijo, prav tako na njegovo akumulacijo vplivajo tudi nekatere strukturne značilnosti jajc (1).

S sestavo krme živali lahko vplivamo tudi na vsebnost mikrohranil v mleku. Vključevanje bakrovih, cinkovih in manganovih ionov, ki so kompleksirani s sojinimi proteini, v krmo privede do statistično značilno večje vsebnosti omenjenih mikrohranil (8–30 %) v kozjem mleku, v primerjavi z dodanimi anorganskimi oblikami (soli). Prav tako so do boljše akumulacije v mleku prišli z organsko obliko selena (selenometionin) v primerjavi s selenitom (12).

Vključevanje dodatnih količin vitamina D v krmo krav in prašičev pomeni večjo vsebnost vitamina D v mesu. Pri obogatitvi krme s cinkom se je njegova vsebnost v mesu povečala predvsem v jetrih in led-

vicah. Dodatek selena v krmo piščancev, prašičev in govedi, zlasti v organski obliki, prav tako vpliva na večjo vsebnost v mesu. Večja akumulacija selena

1.3 Dodatek vitaminov in mineralov v osnovna živila in izdelke

Selektivno dodajanje vitaminov in mineralov v živila sega v dvajseta leta 20. stoletja, ko so pričeli z jodiranjem soli. Po odkritju vitaminov je sledila obogatitev mleka z vitaminom D. Med drugo svetovno vojno pa v nekaterih državah obvezno dodajanje železa, riboflavina, niacina in tiamina v belo moko, kasneje tudi folne kisline. V posameznih državah Srednje Amerike in Afrike so v sedemdesetih letih uvedli obvezno obogatitev olja ali sladkorja z vitaminom A. V splošnem velja, da obogatitev osnovnih živil z mikrohranili velja za enega cenovno najugodnejših načinov izboljšanja zdravja širše populacije (3).

Naknadna obogatitev živil z vitamini in minerali je danes dobro utečena praksa. V državah, kjer vlada splošno pomanjkanje določenih mikrohranil, je obogatitev določenih osnovnih živil tudi zakonsko predpisana, medtem ko zakonodaja EU ne predpisuje obveznega dodajanja mikrohranil. Posamezne države lahko z ustrezno zakonodajo obogatitve zakonsko predpišejo. V Sloveniji je npr. obvezno jodiranje kuhinjske soli. Kljub temu pa mnogi proizvajalci v skladu z zakonodajo prostovoljno dodajajo izbrane vitamine in minerale tako v osnovna živila kot končne izdelke. Razlogi so v izboljšanju prehranske vrednosti izdelkov, kakor tudi čisto ekonomske narave, saj proizvajalci dodatek vitaminov in mineralov v živila pogostokrat izkoristijo v tržne namene (3, 8). V preglednici 1 so prikazani primeri obogatitev osnovnih živil in posameznih izdelkov.

Ena od splošnih zahtev v procesu dodajanja mikrohranil je ohranjanje ustreznih senzoričnih lastnosti končnega izdelka. Pričakovana je tudi boljša absorpcija in biološka uporabnost dodanega mikrohranila ter posledično pozitiven vpliv na zdravje potrošnika. Prav tako mora biti primerna tudi stabilnost dodanega mikrohranila v primeru, da živilo skladiščimo. Za zagotovitev vseh pričakovanih last-

je značilna za rdeče meso, kot sta govedina in svinjina. Na našem trgu je dostopno tudi perutninsko meso s povečano vsebnostjo selena.



DOBRO JE VEDETI

- ▶ Proces biofortifikacije živil rastlinskega izvora lahko izvedemo že v fazi rasti posamezne rastline, pri živilih živalskega izvora pa lahko z mikrohranili obogatena krma vpliva na sestavo mleka, jajc in mesa.
- ▶ Naknadna obogatitev živil z mikrohranili je danes dobro utečena praksa. V državah, kjer vlada splošno pomanjkanje posameznih vitaminov in mineralov, je obogatitev določenih osnovnih živil tudi zakonsko predpisana.
- ▶ Ena od splošnih zahtev v procesu dodajanja mikrohranil je ohranjanje ustreznih senzoričnih lastnosti končnega izdelka.

nosti moramo biti pozorni na obliko, v kateri posamezno mikrohranilo dodajamo. V veliki meri na izbiro vplivata primerna topnost in ekonomski dejavnik (3). Minerali se v glavnem dodajajo v obliki različnih soli. V obogatenih živilih običajno problem predstavljajo posamezni vitamini, ki so nagnjeni k oksidaciji in drugim spremembam med skladiščenjem. Z vitaminom A in železom obogatena moka ima tako npr. precej krajši rok uporabnosti. Železo deluje kot oksidant, posledično lahko povzroči oksidacijo vitamina A in privede do nastanka tujih vonjev in okusa. Problem lahko nastane tudi pri dodatku kalcija, saj v živilu privede do neželenih interakcij, koagulacije proteinov, pojavi se grenak priokus (8).

1.4 Fermentacija in UV-svetloba

Fermentacija lahko v veliki meri izboljša dostopnost mineralov iz rastlinskih živil. Pri fermentaciji stročnic prihaja do razgradnje fitinske kisline in sinteze nekaterih organskih kislin, ki tvorijo topne komplekse s cinkovimi in železovimi ioni. Pri žitih lahko biološko uporabnost mineralov izboljšamo s kaljenjem, kjer prihaja do delne hidrolize fitinske kisline. V časih, ko se vse več posameznikov obrača k vegetarijanski prehrani, postaja fermentacija rastlinskih živil zelo pomembna v smislu mikrobne biosinteze vitamina B₁₂. Z ustreznim izborom starterskih mikroorganizmov je možno pripraviti fermentirane izdelke iz stročnic z relativno veliko vsebnostjo B₁₂.

Preglednica 1: Pregled izbranih osnovnih živil in izdelkov, v katere se dodaja vitamine in minerale z namenom povečanja prehranske vrednosti.

Osnovno živilo	Vrsta dodanega vitamina/minerala
mleko	kalcij, vitamina A in D
sol	jod
moka	železo, cink, vitamini A, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₉ , B ₁₂
olje	vitamina A in D
sladkor	vitamin A, železo
Izdelki	Vrsta dodanega vitamina/minerala
pomarančni sok	kalcij, vitamin D
sladoled	kalcij
sir	kalcij
margarina	vitamini A, D, E
žita za zajtrk	železo, magnezij, kalcij, cink, različni vitamini
jušne kocke	železo
sojina omaka	železo
napitki v prašku	različni vitamini in minerali

V procesu fotokemične pretvorbe holesterola ali ergosterola se tvorijo molekule, ki imajo učinek vitamina D. Ergosterol se nahaja v glivah in posledično tudi užitne gobe vsebujejo nekaj vitamina D. Vsebnosti so večje pri gobah, ki rastejo v naravi, kakor pri gojenih gobah, ki niso izpostavljene svetlobi. Z obsevanjem gojenih gob, npr. šampinjonov, se lahko vsebnost vitamina D poveča tudi več kot 100-krat (11). Tako lahko šampinjoni postanejo odličen vir vitamina D, saj je njegova vsebnost primerljiva s tisto v plavih ribah, npr. v skuši. Vitamin D se sintetizira tudi, če gobe obsevamo med skladiščenjem.

1.5 Minerali in vitamini kot aditivi v živilih

Na eni strani se izvajajo postopki obogatitve živil z namenom izboljšanja dostopnosti kritičnih mikrohranil, na drugi strani pa se številni vitamini in minerali dodajajo v predelano hrano kot aditivi za izboljšanje posameznih tehnoloških lastnosti (13). Pri tem se pri vitaminih izkorišča predvsem antioksidativne lastnosti (karotenoidi (vitamin A), vitamina C in E) ter dejstvo, da so nekateri obarvani (karotenoidi, vitamin B₂) oziroma delujejo kot stabilizatorji barve (vitamin B₃). Pri mineralih imajo zelo pomembno vlogo kalcijevi ioni in fosfati (polifosfati), s katerimi vplivamo predvsem na strukturne lastnosti živil. V

manjši meri se lahko uporablja tudi nekatere železove soli, kjer se izkorišča oksidativne lastnosti (npr. enakomerna počrnitev oliv), ali jodate, ki se jih lahko dodaja v testo za učvrstitev strukture pečenega kruha (v EU uporaba ni dovoljena), ter cinkov acetat, ki je ojačevalec okusa v nekaterih žvečilnih gumijih. V zadnjem času se je uveljavila tudi v vodi topna oblika klorofila, ki ima namesto magnezija vključen bakrov ion (klorofilin) (14). Primeri posameznih vitaminov in mineralov, ki se pojavljajo kot sestavni del nekaterih aditivov v živilstvu, so zbrani v preglednici 2.

Preglednica 2: Vitamini in minerali, ki se pogosto uporabljajo kot aditivi v živilih.

Vitamin/mineral	Ime aditiva	E-oznaka	Vloga aditiva v živilu
vitamin C	askorbinska kislina in njene soli, askorbil palmitat	E300–E305	antioksidanti v polarnih/nepolarnih medijih
vitamin E	tokoferoli	E306–E309	antioksidanti v nepolarnih medijih
vitamin B ₂	riboflavin, riboflavin fosfat	E101, E101a	barvilo
vitamin B ₃	niacin	E375	stabilizator barve
provitamin A	beta-karoten in derivati	E160a, E160e, 160f	barvilo in antioksidant
kalcij	kalcijeve soli	≈ 40 aditivov z E-oznakami	različne funkcije
fosfor	fosforjeva kislina, fosfati, polifosfati, fosfatni estri	≈ 20 aditivov z E-oznakami	emulgatorji, antioksidanti, vzhajalna sredstva, regulatorji kislosti
kalij	kalijeve soli	≈ 40 aditivov z E-oznakami	različne funkcije
natrij	natrijeve soli	≈ 50 aditivov z E-oznakami	različne funkcije
cink	cinkov acetat	E650	ojačevalec okusa
železo	železovi oksidi, hidroksid in soli	E177, E381, E505, E575, E585	barvilo, stabilizator barve, regulator kislosti
baker	klorofilin	E141	barvilo

Prekomerno uživanje predelane hrane lahko na račun dodanih aditivov privede do prevelikega vnosa posameznih mikrohranil. Izpostaviti moramo kalijeve, predvsem pa natrijeve ione, ki imajo v skupini aditivov pomembno mesto (14). Slednje se dodaja praktično v vsa živila. V prvi vrsti je krivec za prekomeren vnos natrija natrijev klorid oziroma kuhinjska sol, ki se sicer uradno ne uvršča med aditive. Natrijev klorid je poznan predvsem zaradi zaželenega slanega okusa, v industriji pa ima tudi številne druge pomembne tehnološke funkcije. Natrijevi ioni so sestavni del približno 50 aditivov. V teh primerih natrijevi ioni nastopajo kot kationi, ki »spremljajo« anione s funkcionalnimi lastnostmi.

Podobno velja tudi za različne kalijeve soli, kjer pa je uporaba zaradi relativno grenkega okusa in posledično negativnega vpliva na senzorične lastnosti omejena. Pri nekaterih aditivih kot kationi nastopajo kalcijevi in magnezijevi ioni, ki pa imajo, podobno kot kalijevi ioni, izražen grenak in kovinski priokus (npr. mineralne vode). Njihovo uporabnost omejuje tudi slabša topnost. Naslednji mineral, ki lahko vpliva na prekomeren vnos, je fosfor. V obliki fosforjeve kisline in fosfatov za uravnavanje kislosti ga pogosto srečamo v brezalkoholnih pijačah. V pekovskih izdelkih se uporablja kot sestavni del vzhajalnih sredstev. Fosfate v vlogi emulgatorjev in stabilizatorjev najdemo v mlečnih (npr. topljeni siri), predvsem pa v številnih mesnih izdelkih.

2 VPLIV PREDELAVE ŽIVIL NA VSEBNOST VITAMINOV IN MINERALOV

Med pomembnimi dejavniki, ki vplivajo na biološko uporabnost mikrohranil, je predelava hrane, ki vključuje različne načine predpriprave, priprave in skladiščenja. Osnovni namen predelave je mikrobiološka stabilnost, izboljšanje senzoričnih lastnosti, inaktivacija encimov in posledično podaljšanje obstojnosti

2.1 Postopki predobdelave

Ključne spremembe v vsebnosti mikrohranil so opazne že v postopku predobdelave, ki vključuje lupljenje in obrezovanje sadja ter zelenjave. Glede na to, da je večina vitaminov skoncentrirana predvsem v zunanjih plasteh, koži in stebelu, so njihove izgube v tej stopnji praktično neizogibne. Največ vitamina C najdemo v zunanjih plasteh (olupkih), podobno velja za niacin in riboflavin. Kot primer, v korenju je vsebnost niacina in karotena bistveno višja v zunanjih plasteh v primerjavi s preostalim delom rastline. Vsebnost folatov, askorbinske kisline in tiamina se zmanjša, če živilo obdelujemo z alkalijami z namenom zagotovitve lažjega procesa lupljenja. Z vidika ohranjanja mikrohranil je priporočljivo sadje in zelenjavo kuhati z olupkom. Nasprotno pa kisel medij vpliva na povečanje stabilnosti askorbinske kisline in tiamina. Tehnološki postopek obdelave riža vklju-

posameznega živila. Med predelavo so vitamini in minerali izpostavljeni različnim procesnim tehnikam, spremembe v njihovi vsebnosti so praktično neizogibne. Z izbiro primerne postopka pa lahko negativne vplive zmanjšamo (8, 15, 16).

čuje proces namakanja in pranja. Na ta način izgubimo znatni delež mineralov, zlasti bakra, cinka in mangana (8, 17).

V primeru, da sadje in zelenjavo pred pranjem ali kuhanjem narežemo, tvegamo večjo izgubo v vodi topnih vitaminov, ki se na ta način izločajo v vodo. Obseg omenjenih izgub je odvisen od številnih dejavnikov, ki vplivajo na difuzijo in topnost vitaminov, vključno z vrednostjo pH, temperaturo medija, razmerjem med količino vode in živila ter površino živila. Po ekstrakciji vitaminov v medij je njihova razgradnja v glavnem odvisna od koncentracije raztopljenega kisika, ionske moči, prisotnosti redoks aktivnih kovinskih ionov in različnih destruktivnih (npr. klor) oziroma zaščitnih komponent (npr. reducentov) v mediju (16).

2.2 Mletje

Mletje je eden ključnih postopkov v procesu predelave žit in ima pomemben vpliv na vsebnost mikrohranil. S procesom mletja odstranimo večino vitaminov B-kompleksa, železa in kalcija, ki so skoncentrirani v zunanjih plasteh zrna (18). Vsebnost mikrohranil variira glede na delež odstranjene ovojnice, otrobov in kalčka, torej od stopnje ekstrakcije mletja. Moke, pridobljene z večjo stopnjo ekstrakcije, ohranijo bistveno večje količine vitaminov in mineralov. Čeprav večino mikrohranil izgubimo med mletjem z manjšo stopnjo ekstrakcije, je na drugi strani potrebno izpostaviti odstranitev fitatov v alevronski plasti, ki sicer s kalcijem in železom tvorijo netopne komplekse ter tako zmanjšajo njihovo biološko uporabnost. Pri populaciji, ki je izpostavljena pomanjkanju kalcija, uživanje polnozrnatih moke ni priporočljivo (17).

2.3 Toplotna obdelava

V primeru, da živilo toplotno obdelujemo, je priporočljivo čas kuhanja skrajšati oziroma optimizirati. Količina vode, v kateri se živilo kuha, mora biti čim manjša. Izgube v vodi topnih vitaminov so med kuhanjem v vodi bistveno večje v primerjavi z vitamini, topnimi v maščobah. V vodi netopen vitamin A in prekursor vitamina A (beta-karoten) se med kuhanjem v vodi ohranjata, večje izgube opazimo v postopku cvrenja v maščobi. Izgube vitamina C so največje v primeru kuhanja v vreli vodi in se zmanjšujejo s kuhanjem v sopari, obdelavi z mikrovalovi ali kuhanjem pod tlakom (17). Med različnimi načini toplotne obdelave se zmanjšuje tudi vsebnost mineralov. Maksimalne izgube se po navadi zgodijo pri klasičnem kuhanju v vodi, kjer prihaja do njihovega izpiranja v vodo. Zmanjšana vsebnost vitamin C vpliva tudi na biološko uporabnost železa (16).



DOBRO JE VEDETI

- ▶ Številni vitamini in minerali se dodajajo v predelano hrano v obliki aditivov z namenom izboljšanja posameznih tehnoloških lastnosti. Prekomerno uživanje predelane hrane lahko na račun dodanih aditivov privede do prevelikega vnosa posameznih mikrohranil, predvsem natrija in fosforja.
- ▶ Pomemben tehnološki proces, ki vpliva na biološko uporabnost mikrohranil, je predelava hrane. Ključne spremembe v vsebnosti vitaminov in mineralov so opazne že v postopku pranja, lupljenja in mletja.

Pomemben postopek v procesu obdelave sadja in zelenjave je blanširanje, ki predstavlja milejšo obliko toplotne obdelave. Poleg zmanjšanja mikrobne populacije je eden glavnih namenov blanširanja tudi inaktivacija neželenih encimov, kar ima lahko pozitiven vpliv na stabilnost vitaminov med nadaljnjo obdelavo oziroma skladiščenjem živila. Z inaktivacijo encima polifenol-oksidaza na primer posredno zmanjšamo izgube vitamina C. Na vsebnost mikrohranil ima velik vpliv tudi izbira metode blanširanja, časa in temperature medija ter površine živila. Večja površina živila pomeni večje izgube. Pri procesu blanširanja v vroči vodi se za čim večjo ohranitev nestabilnih mikrohranil priporoča uporaba visoke temperature in krajšega časa (16, 19). V preglednici 3 je prikazan vpliv različnih fizikalnih in kemijskih dejavnikov na stabilnost posameznih vitaminov (19).

Preglednica 3: Vpliv fizikalnih in kemijskih dejavnikov na stabilnost posameznih vitaminov.

Vrsta vitamina	Nevtralen medij	Kisel medij	Alkalen medij	Zrak/kisik	Svetloba	Povišana temperatura
vitamin A	S	N	S	N	N	N
vitamin D	S	S	N	N	N	N
vitamin E	S	S	S	N	N	N
vitamin K	S	N	N	S	N	S
vitamin C	N	S	N	N	N	N
tiamin (B ₁)	N	S	N	N	S	N
riboflavin (B ₂)	S	S	N	S	N	N
niacin (B ₃)	S	S	S	S	S	S
pantotenska k. (B ₅)	S	N	N	S	S	N
piridoksal (B ₆)	S	S	S	S	N	N
biotin (B ₇)	S	S	S	S	S	N
folna k. (B ₉)	N	N	N	N	N	N
kobalamin (B ₁₂)	S	S	S	N	N	S

S – stabilen; N – nestabilen

2.4 Skladiščenje

V primerjavi s procesi predobdelave in toplotne obdelave vpliv skladiščenja na izgubo mikrohranil ni tako izrazit. V primeru zagotovljene konstantno nizke temperature so izgube vitamina B med zmrzovanjem mesa minimalne. Najbolj dovzetna za spremembe sta vitamina B₁ in B₂. Mleko lahko v nekaj urah skladiščenja v steklenici in izpostavljenosti sončni svetlobi izgubi veliko vitaminov B₂ in C, medtem ko vsebnost vitaminov A in D ostaja nespremenjena (15). Vitamini v žitih (riž in pšenica) ostajajo relativno stabilni v primeru zagotovljene primerne

2.5 Interakcije z drugimi spojinami

Na vsebnost vitaminov v živilu vpliva tudi dodatek nekaterih spojin med predelavo. Primer so različne žveplave spojine, npr. SO₂, bisulfit, metabisulfit, ki se v živilo dodajajo zaradi antimikrobnega in antioksidativnega delovanja. Na eni strani pozitivno vplivajo na vsebnost askorbinske kisline, medtem

vlažnosti (pod 10 %). Za vitamina A in C, ki sta v sadju in zelenjavi med najbolj zastopanimi, so značilne velike izgube v primeru skladiščenja pri sobni temperaturi. Na primer, skladiščenje sveže špinače pri sobni temperaturi pomeni 100 % izgubo vitamina C, medtem ko so izgube v primeru 10-mesečnega zmrzovanja pri -20 °C bistveno manjše, okrog 30 %. Vitamin E je še posebej občutljiv na proces oksidacije, zato je priporočljivo živilo, bogato z omenjenim vitaminom, vakuumsko zapakirati (2, 8).

ko imajo na večino ostalih vitaminov negativen učinek. Primer je tiamin, kjer prihaja zaradi reakcije s sulfitnimi ioni do njegove razgradnje. To je tudi eden od razlogov, da se sulfitov ne sme dodajati mesu in mesnim izdelkom (16).

3 ZAKLJUČEK

Pomanjkanje posameznih mikrohranil danes še vedno predstavlja problem, predvsem v revnejših področjih. Obstajajo različni načini izboljšanja prehranske vrednosti, od obogatitve rastlinskih živil že v fazi rasti do obogatitve krme v primeru živil živalskega izvora. Razširjena praksa je tudi dodajanje izbranih vitaminov in mineralov v končne izdelke. Na drugi strani pa problem z vidika prekomernega

vnosa predstavljata natrij in fosfor, ki sta sestavna dela številnih aditivov. Pri izbiri kateregakoli živila, z namenom zagotovitve ustreznih količin mikrohranil, moramo imeti v mislih, da imajo tehnološki postopki predelave običajno negativen vpliv na vsebnost in biološko uporabnost posameznih mikrohranil, vendar lahko z izbiro primernih oziroma optimalnih postopkov ta vpliv zmanjšamo.

4 LITERATURA

- Górniak W, Cholewińska P, Konkol D. Feed Additives Produced on the Basis of Organic Forms of Micronutrients as a Means of Biofortification of Food of Animal Origin. *J Chem.* 2018 Aug; p. 8.
- Gharibzahedi SMT, Jafari SM. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends Food Sci Tech.* 2017 Apr; 62: 119–132.
- de Lourdes Samaniego-Vaesken M, Alonso-Aperte E, Varela-Moreiras G. Vitamin food fortification today. *Food Nutr Res.* 2012 Apr; p. 56.
- Lockyer S, White A, Buttriss JL. Biofortified crops for tackling micronutrient deficiencies – what impact are these having in developing countries and could they be of relevance within Europe? *Nutr Bull.* 2018 Nov; 43 (4): 319–357.
- Moreno JA, Díaz-Gómez J, Nogareda C, Angulo E, Sandmann G, Portero-Otin M, et al. The distribution of carotenoids in hens fed on biofortified maize is influenced by feed composition, absorption, resource allocation and storage. *Sci Rep.* 2016 Oct; 6: 35346–35346.
- García-Casal MN, Peña-Rosas JP, Pachón H, De-Regil LM, Centeno Tablante E, Flores-Urrutia MC. Staple crops biofortified with increased micronutrient content: effects on vitamin and mineral status, as well as health and cognitive function in the general population. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2016; p. 8.
- Martínez-Ballesta MC, Domínguez-Perles R, Moreno DA, Muries B, Alcaraz-López C, Bastías E, García-Viguera C, Carvajal M. Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2010 Jan; 30 (2): 295–309.
- Gharibzahedi SMT, Jafari SM. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends Food Sci Tech.* 2017 Apr; 62: 119–132.
- Wan J, Zhang M, Adhikari B. Advances in selenium-enriched foods: From the farm to fork. *Trends Food Sci Tech.* 2018 Mar; 76: 1–5.
- Garg M, Sharma N, Sharma S, Kapoor P, Kumar A, Chunduri V, Arora P. Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People around the World. *Front Nutr.* 2018; 14: 5–12.
- Taofiq O, Fernandes Â, Barros L, Barreiro MF, Ferreira ICFR. UV-irradiated mushrooms as a source of vitamin D2: A review. *Trends Food Sci Tech.* 2017 Dec; 70: 82–94.
- Witkowska Z, Michalak I, Korczyński M, Szoltyś M, Świńska M, Dobrzański Z, et al. Biofortification of milk and cheese with microelements by dietary feed bio-preparations. *J Food Sci Technol.* 2015 Oct; 52 (10): 6484–6492.
- Ribeiro JS, Santos MJMC, Silva LKR, Pereira LCL, Santos IA, Lannes SCS, et al. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Sci.* 2019; 148: 181–188.
- Blekas GA. Food Additives: Classification, Uses and Regulation. In: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F, editors. *Encyclopedia of Food and Health.* Oxford: Academic Press; 2016. p. 731–736.
- Dandago MA. Changes in nutrients during storage and processing of foods. A review. *Techno Sci Africana J.* 2009 Jun; 3 (1): 24–27.
- Tomas M, Jafari SM. Influence of Food Processing Operations on Vitamins. In: Melton L, Shahidi F, Varela P, editors. *Encyclopedia of Food Chemistry.* 1st ed. Oxford: Academic Press, 2018. p. 129–139.
- Liu K, Zheng J, Wang X, Chen F. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice. *Food Chem.* 2019 May; 280: 59–64.
- Liu K, Zheng J, Chen F. Relationships between degree of milling and loss of vitamin B, minerals, and change in amino acid composition of brown rice. *Food Sci Tech.* 2017 Apr; 82: 429–436.
- Damodaran S, Parkin KL. *Fennema's Food Chemistry.* 5th ed. Florida: CRS Press; 2017: p. 1107.