

# ALGE KOT

## GLAVNA SESTAVINA PREHRANSKIH DOPOLNIL

*Martina Puc*

*Jerneja Kožar*

*Breda Škedelj*

*Zala Vidic*

*Petra Golja*

## *Alge kot glavna sestavina prehranskih dopolnil*

Avtorice: Martina Puc, Jerneja Kožar, Breda Škedelj, Zala Vidic, Petra Golja

Recenzentka: Martina Bačič

Izdal in založil: Založba COVIRIAS, Parmova 14, 1000 Ljubljana

www.pretehtajte.si, telefon: 01 23 22 097, info@covirias.si

Ljubljana, julij 2017

1. izdaja

Brezplačna publikacija

Publikacija je izdana v elektronski obliki v formatu pdf.

Publikacija je objavljena na spletni povezavi: [www.pretehtajte.si](http://www.pretehtajte.si)

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

663/664:003.29(0.034.2)

613.292:003.29(0.034.2)

ALGE kot glavna sestavina prehranskih dopolnil [Elektronski vir] / Martina Puc ... [et al.]. - 1. izd. - El. knjiga. - Ljubljana : Covirias, 2017

Način dostopa (URL): [www.pretehtajte.si](http://www.pretehtajte.si)

ISBN 978-961-92925-8-7 (pdf)

1. Puc, Martina

290696192



## Kazalo vsebine

Alge v prehranskih dopolnilih.....	5
Osnovne značilnosti alg.....	7
Poimenovanje alg.....	9
Značilnosti alg v prehranski industriji.....	10
Cianobakterije ali modrozelenke cepeljivke.....	10
Zelene alge.....	10
Rjave alge.....	11
Kremenaste alge.....	11
Rdeče alge.....	12
Alge v prehrani.....	13
Spirulina.....	15
Chlorella.....	16
Naravna barvila v algah.....	16
Mikroalge kot vir pigmentov oz. barvil.....	17
Hranila v algah.....	19
Makrohranila.....	19
Beljakovine.....	20
Ogljikovi hidrati.....	21
Maščobe.....	21
Mikrohranila.....	22
Vitamini in minerali.....	22
Maščobne kisline.....	23
Gojenje alg.....	25
Odprti sistemi.....	25
Zaprti sistemi.....	26
Sistemi notranje pridelave.....	27
Pridelava heterotrofnih alg.....	27
Polzaprti sistemi.....	28
Pogoji za rast alg.....	29
Izolacija.....	32
Precepljanje.....	32
Serijsko redčenje.....	32
Izolacija posamezne celice.....	33
Pobiranje pridelka alg.....	33
Sušenje alg.....	34
Kaj zaužijemo s prehranskim dopolnilom?.....	36
Viri.....	38



## Kazalo tabel

<i>Tabela 1: Primerjava evkariontskih in prokariontskih celic.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2: Razdelitev alg, ki se uporabljajo v prehrani.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 3: Najpogostejše vrste mikroalg, ki jih uporabljamo v prehrani.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 4: Ostali predstavniki mikroalg.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 5: Vsebnost pigmentov v algah.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 6: Vsebnost makrohranil v algah (v % na suho maso alge).....</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 7: Aminokislinska sestava alg v primerjavi s konvencionalnimi beljakovinskimi viri v g/100 g beljakovin..</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 8: Vsebnost vitaminov v algah.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 9: Prisotnost večkrat nenasičenih maščobnih kislin v algah.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 10: Povprečna hranilna vrednost alg v gramih hranil na 100 gramov suhe mase v primerjavi z dnevnimi potrebami odraslega moškega.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 11: Primerjava med odprtimi in zaprtimi sistemi za pridelavo mikroalg.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 12: Ključni dejavniki pri gojenju alg.....</i>	<i>29</i>



## Alge v prehranskih dopolnilih

Prehranska dopolnila so v osnovi koncentrirani viri posameznih ali kombiniranih hranil ali drugih snovi s hranilnim ali fiziološkim učinkom (Pravilnik o prehranskih dopolnilih Ur. l. RS št. 66/2013, Evropski parlament in Svet, 2002), s katerimi naj bi ljudje po lastni presoji dopolnjevali svojo prehrano. Zato je za potrošnika in njegovo informirano odločitev, kateri izdelek bo izbral, ključno tudi jasno prepoznavanje glavne sestavine oz. sestavin, ki jih je proizvajalec vključil v svoje izdelke. Opredelitev alge, njene količine v prehranskem dopolnilu in hranilna vrednost so lastnosti, na katere se bomo osredotočili v tem prispevku, s čimer pa ne želimo zmanjšati pomena vpliva drugih lastnosti na kakovost, varnost in delovanje izdelkov. Jasna in nedvoumna opredelitev vsebovane alge in njene količine pa je pomembna tudi za obdelavo podatkov o prehranskih dopolnilih ter je predpogoj za njihovo standardizacijo.

Prav prepoznavanje sestavin je eden od namenov oblikovanja kategorij prehranskih dopolnil v sistemu P3 Professional<sup>1</sup>. P3 kategorizacija obravnava prehranska dopolnila glede na glavno sestavino in jih razporeja v 15 različnih kategorij. Te kategorije so označene s posebej razvitimi slikovnimi oznakami, ki so razvidne na različnih nivojih baze prehranskih dopolnil na slovenskem trgu<sup>2</sup>. Prva kategorija v bazi P3/P3 Professional (P3 Professional, 2017) je Alge in vključuje prehranska dopolnila, ki kot glavno ali eno od glavnih sestavin vsebujejo alge.

Ker so alge v ponudbi prehranskih dopolnil raznolike, je za uporabnika prehranskih dopolnil izziv, kako izbirati med njimi. Odgovor na vprašanje, v čem se različne alge pravzaprav razlikujejo, je obenem velik del odgovora na vprašanje, v čem se razlikujejo prehranska dopolnila, ki te alge vsebujejo. Tako na razumevanje razlik med prehranskimi dopolnili z algami lahko vplivajo tudi raznolika rastišča in predvsem njihova hranilna vrednost.

<sup>1</sup> Avtorica P3 kategorij in sistema P3 Professional je Martina Puc. Avtorske pravice kategorij so pridržane.

<sup>2</sup> Baza P3 Professional oz. P3 je na trgu od leta 2011.



Večina prehranskih dopolnil z algami v Slovenijo prihaja iz tujine (P3 Professional, 2017)<sup>3</sup>, zato imajo na izbiro izdelka pomemben vpliv tudi kakovost prevoda njihovih deklaracij in druge informacije, ki jih potrošnik izve pred nakupom izdelka. Zato je smiselno, da se o osnovah poimenovanja alg, njihovih hranilnih vrednosti ter pridobivanju poučijo vsi, ki sodelujejo pri trženju prehranskih dopolnil z algami. Le tako bodo lahko poskrbeli za vredostnost prevodov in realen prikaz izdelkov, kot jih je izdelal proizvajalec. S tem bodo kot člen v verigi vrednosti »od vil do vilic« prispevali ne le k ohranjanju, temveč tudi k dvigu kakovosti in resničnemu dodajanju vrednosti živilu, ki ga na koncu potrošnik zaužije.

---

<sup>3</sup> Vsi podatki iz baze P3 Professional v nadaljevanju te publikacije se nanašajo na stanje maja 2017.



## Osnovne značilnosti alg

S pojmom alge označujemo raznoliko skupino preprostih, fotosintetsko aktivnih, predvsem vodnih organizmov. V tej skupini najdemo predstavnike najrazličnejših velikosti. Na primer takih, ki obsegajo le nekaj mikrometrov (to je milijonink metra), najdemo pa tudi večmetrske predstavnike. Nekateri strokovnjaki med alge prištevajo izključno evkariontske<sup>4</sup> organizme, drugi pa uporabljajo pojem »alge« v širšem smislu, torej vključno s prokarionti<sup>5</sup>. V tem prispevku obravnavamo alge v širšem smislu kot tudi Radmer (1996).

**Tabela 1: Primerjava evkariontskih in prokariontskih celic.** Prirejeno po: Štrus in Kostanjšek, 2008.

Značilnost	Protocita	Evcita
Velikost	1-10 $\mu\text{m}$	10-100 $\mu\text{m}$
Dedni material	ni ločen od citoplazme	od citoplazme ločen z jedrnim ovojem
Organizacija DNA	krožni kromosom	linearni kromosomi (DNA povezana s proteini)
Citoplazma	brez celičnih organelov	s celičnimi organeli
Metabolizem	aerobne in anaerobne	predvsem aerobne

Vsi predstavniki skupine alg imajo sposobnost fotosinteze. To pomeni, da so na svetlobi sposobne izdelati sladkor iz ogljikovega dioksida in vode, pri čemer se svetlobna energija pretvori v kemično energijo, vezano v sladkorju. Pri tem se sprošča kisik.

<sup>4</sup> Evkariontske organizme gradijo evkariontske celice ali evcite. Celična snov je diferencirana v jedro (nucleus) ter citoplazmo, ki jo gradijo citosol, citoskelet in celični organeli. Zaradi večje strukturne kompleksnosti tega tipa celice se je lahko razvila delitev dela, ki je ključna za razvoj večceličnih organizmov. Rastlinsko celico poleg celične membrane (plazmaleme) obdaja še celična stena iz celuloze. Med evkarionte uvrščamo praživali, glive, rastline in živali (Štrus in Kostanjšek, 2008).

<sup>5</sup> Prokariontski organizmi so enocelični organizmi, ki jih gradi prokariontska celica ali protocita. Zanje je značilna enostavnejša celična zgradba, saj npr. genetski material prosto plava v citoplazmi. V to skupino organizmov uvrščamo bakterije (Bacteria) in arheje (Archaea) (wikipedia.org, 2017).



Ker so tako alge sposobne lastne proizvodnje hrane, so to avtotrofni<sup>6</sup> organizmi. Kljub temu pa najdemo med algami nekaj izjem, ki za življenje potrebne hrane ne izdelajo same. Ker potrebujejo drug, zunanji vir energije, so to heterotrofni organizmi (Dutta, 1979).

V naravi najdemo alge bodisi kot samostojne organizme, lahko pa se posamezne celice združujejo v večje kolonije oz. večcelični organizem. Po velikosti ločimo alge na mikroalge in makroalge. Tako so mikroalge posamezni organizmi, ki so pogosto veliki manj kot milimeter in so zato vidni le z mikroskopom. Poznamo pa tudi makroalge, ki jih lahko razločno opazujemo s prostim očesom (Radmer, 1996).

Alge poseljujejo različna vodna okolja in jih najdemo tako v sladkih vodah kot tudi v morskem okolju. Številne vrste lahko zasledimo celo v ekstremno slanih okoljih, npr. v Mrtvem morju. Alge v vodnem okolju poseljujejo različne globine. Tako jih najdemo na morskem dnu, zlasti predstavnike mikroalg pa najdemo vzdolž celotnega vodnega stolpca. Alge najdemo tudi izven vodnih okolij, na vlažnem, npr. v prsti in na zasneženih gorovjih (Radmer, 1996).

Med alge v širšem smislu prištevamo tudi modrozeleni ceppljivke, ki jih imenujemo tudi cianobakterije. To so Gram negativne bakterije, ki jih uvrščamo med prokariote (Dutta, 1979). Tako kot evkariontske alge, so tudi modrozeleni ceppljivke sposobne fotosinteze. Torej si hrano tvorijo same. Ena izmed pomembnih lastnosti modrozelenih ceppljivk pa je tudi vezava dušika. Predpona »ciano-« v njihovem imenu pomeni modro. Te bakterije namreč vsebujejo pigmente, ki absorbirajo specifične valovne dolžine svetlobe ter jim dajejo značilno modrozeleno obarvanost (Radmer, 1996).

---

<sup>6</sup> Avtotrofi so živa bitja, ki lahko iz anorganskih snovi izdelajo telesu lastne organske snovi (npr. vse zelene rastline). Organizmi so fotoavtotrofi, če potrebo po energiji pokrivajo s sončno svetlobo, kemoavtotrofi pa so, če energijo za izgradnjo organskih snovi sproščajo z oksidacijo anorganskih snovi (Strgar, 2002).

Heterotrofi so živa bitja, ki za pridobivanje energije in izgradnjo telesa potrebujejo že izdelane organske snovi (Strgar, 2002).

Miksotrofi so organizmi, ki uporabljajo tako sončno svetlobo kot tudi organske spojine kot vir energije za svoje delovanje (Enzing in sod., 2014).





Eukariotske alge so polifiletska skupina, kar pomeni, da se niso razvile iz enega skupnega prednika. Eukariotske alge se zato v drevesu življenja pojavljajo v različnih skupinah. Večino alg uvrščamo med protiste (to je netaksonomska oznaka za najnižje organizme, ki sestojijo iz ene celice ali manjše skupine celic (Bricelj in sod. 1982)), medtem ko zelene alge uvrščamo med rastline (Nicoletti, 2016).

## Poimenovanje alg

Za alge veljajo splošno sprejeta pravila pri poimenovanju oziroma mednarodni kodeks nomenklature<sup>7</sup> tako kot za druga živa bitja. Tako se skupine podobnih osebkov z določenimi skupnimi lastnostmi, ki se razlikujejo od drugih, v biološki sistematiki na splošno imenujejo vrste<sup>8</sup>, latinsko *species*. Tiste vrste, ki kažejo za skupino odločilne skupne znake, se združuje v širšo taksonomsko skupino, ki jo imenujemo rod, latinsko *genus*. Rodove združujemo v družine, latinsko imenovane *familia*, in tako naprej.

Ureditev klasifikacijskih enot oziroma taksonov v takem sistemu razvrščanja temelji na biološki osnovi, ta pa izhaja iz hierarhične narave raznolikosti v živem svetu. Vsaka raven v tem sistemu ima dogovorjeno ime, kar je pomembno za medsebojno razumevanje, o čem pravzaprav komuniciramo. Je pomemben del transparentnega predstavljanja izdelkov. Le tako označene sestavine izdelka dajo nedvoumno informacijo, kaj bo potrošnik z izdelkom v resnici zaužil. Pri tem je pomembno, da so osebki dejanskih organizmov vrste, ki jih poimenujemo v latinščini z dvema besedama, pri čemer prva z veliko začetnico označuje »rod«, druga, z malo začetnico, je vrstni pridevek. Obe besedi skupaj označujeta ime vrste (Batič idr., 2004).

<sup>7</sup> International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (McNeill, 2012).

<sup>8</sup> Različnost vrst se kaže tudi v tem, da spolno razmnoževanje različnih vrst ni mogoče.



## Značilnosti alg v prehranski industriji

Razdelitev alg v posamezne razrede temelji na številnih biokemijskih značilnostih, npr. strukturi fotosintetskih pigmentov, hranil, celične stene. Poleg tega so za razdelitev v posemzne skupine pomembne tudi morfološke lastnosti alg, torej razlike v njihovem videzu. V nadaljevanju so predstavljene značilnosti razredov alg, ki se najpogosteje pojavljajo v prehranski industriji.

### Cianobakterije ali modrozeleni cepivke

Modrozeleni cepivke so Gram negativne bakterije, preprosti prokariotski organizmi s tipično bakterijsko celično steno iz mureina, ki je peptidoglikan, in lipopolisaharidov. Modrozeleni cepivke so svoje ime dobile po značilnem modrikasti barvi, ki je posledica barvila fikocianina. Tega barvila pri algah ne najdemo. Poleg barvila fikocianina vsebujejo modrozeleni cepivke še druga barvila: fotosintetsko barvilo klorofil a, beta karoten ter ksantofile. Modrozeleni cepivke najdemo v vseh vodnih telesih ter tudi v lužah, ki nastanejo po obilnem deževju. V velikih množinah se pojavljajo zlasti v organsko onesnaženih vodah, predvsem v sladkih. V morju se pojavljajo kot pikoplankton. Naseljujejo tudi kamenje, prst ter tople vrelce (Dutta, 1979).

Najpogostejše predstavnike modrozelenih cepivk uvrščamo v naslednje rodove: *Nostoc*, *Anabena*, *Scytonema*, *Spirulina* (Dutta, 1979). *Spirulina* pa je ena od najbolj pogostih sestavin prehranskih dopolnil v kategoriji Alge na slovenskem trgu (P3 Professional, 2017).

### Zelene alge

Večina zelenih alg naseljuje sladke vode, nekaj je morskih in kopenskih predstavnikov (Dutta, 1979). Med zelene alge uvrščamo preko 7000 vrst. Zelene alge so najrazličnejših oblik – od preprostih enoceličnih organizmov do kolonijskih organizmov. Velike so lahko le nekaj mikrometrov, največji predstavniki pa lahko v dolžino dosežejo tudi do 1,5 metra (Hopley,



2011). Zelene alge so predniki kopenskih rastlin. So značilni evkariontski organizmi s celulozno celično steno, ki je tipična za rastline (Dutta, 1979). Pri zelenih algah naletimo na dve vrsti klorofilov – klorofil a ter klorofil b. Naletimo pa tudi na druga barvila, npr. ksantofile in karotenoide (Hopley, 2011).

## Rjave alge

Rjave alge so makroskopske morske alge, med katere uvrščamo okoli 2000 vrst (Hopley, 2011). Razširjene so v obalnem pasu, kjer so pritrjene na kamenje ali drug substrat. So evkariontski organizmi s celulozno celično steno (Dutta, 1979). Najpogostejša obarvanost rjavih alg so različni odtenki rjave, vse od svetlo bež barve, rumenorjave, do črne barve. Značilno rjavo obarvanost teh alg daje barvilo fukoksantin. Velika količina fukoksantina namreč prekrije prisotnost zelenega barvila klorofila. Fukoksantin je v alkoholu topno barvilo. Če rjave alge potopimo v alkoholno raztopino, se bo ta zato obarvala rjavo, alga pa bo postala zelena (Hopley, 2011).

Predstavnike rodu *Laminariales* lahko najdemo predvsem v hladnih morjih (Hopley, 2011).

## Kremenaste alge

Kremenaste alge ali diatomeje so zelo velika skupina alg, ki vsebuje preko tisoč vrst. To so enocelične alge, ki se občasno združujejo v skupke in tvorijo filamente in kolonije. Naseljujejo mokra, vlažna kopenska okolja, sladke vode in morja. Kremenaste alge vsebujejo klorofil a in c, alfa in beta karotene ter fukoksantin. Poznamo dva glavna redova kremenastih alg: red *Pennales* in red *Centrales* (Dutta, 1979).

Kremenaste alge so znane po svoji zgradbi. Njihova posebnost je, da je vsaka celica obdana z lupinico iz kremena, ki se imenuje teka. Prav po kremenu so kremenaste alge dobile svoje ime. Teka je dvodelna. Oba dela se med seboj pokrivata kot škatla za čevlje. Manjša polovica se imenuje hipoteka, večja polovica pa epiteka. Različne kremenaste alge med seboj razlikujemo po strukturiranosti teke. Vzorčasto razporejene grbinice in luknjice so opazne z



mikroskopom (Strgulc Krajšek in Bačič, 2016).

## Rdeče alge

Rdeče alge so velika skupina visoko specializiranih morskih alg. Najdemo jih tako v hladnih kot tropskih morjih (Dutta, 1979). Rdeče alge so pomemben del združbe koralnih grebenov. V tej skupini alg najdemo vse od preprostih nitastih predstavnikov, do izjemno velikih organizmov (Hopley, 2011). Celična stena rdečih alg je večplastna. Notranjost gradi celuloza, zunanjo plast pa pektin. Značilnost rdečih alg je rdeče barvilo fikoeritrin, ki daje algam značilno rdečo obarvanost (Dutta, 1979). To je v vodi topno barvilo. Če rdeče alge kuhamo v vroči vodi, se bo zato ta obarvala rdeče, alge pa bodo postopoma postale zelene. Poleg rdečega barvila rdeče alge vsebujejo še klorofil a in d, alfa ter beta karotene ter ksantofile (Hopley, 2011).



## Alge v prehrani

V prehranske namene lahko uporabljamo alge iz različnih skupin, kot je prikazano v Tabeli 2.

V kategoriji Alge se pojavljajo predvsem prehranska dopolnila, ki vsebujejo naslednje alge: *Chlorella* (zelena alga), *Spirulina* (modrozeleni cepeljivka), »klamatska alga« (*Aphanizomenon flos-aquae*, skrajšano ime AFA (modrozeleni cepeljivka)), haluge (ang. »kelp«, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria digitata* (rjavi algi)), »wakame« (*Undaria pinnatifida* (rjava alga)), *Lithothamnium calcareum* (rdeča alga) in irski mah (*Chondrus crispus* (rdeča alga)). Pojavlja se tudi navedba vsebnosti rodu *Fucus*, brez navedbe konkretne vrste (P3 Professional, 2017).

**Tabela 2: Razdelitev alg, ki se uporabljajo v prehrani.** Prirejeno po: Burtin, 2003.

Kategorija	Nekateri predstavniki	
Rjave alge	<i>Ascophyllum nodosum</i> (norveški kelp) <i>Fucus vesiculosus</i> (mehurjasti bračič) <i>Fucus serratus</i> <i>Himantalia elongata</i> <i>Laminaria digitata</i> <i>Undaria pinnatifida</i> (wakame)	
Rdeče alge	<i>Porphyra umbilicalis</i> <i>Palmaria palmata</i> (rdeča palmaria) <i>Gracilaria verrucosa</i> <i>Chondrus crispus</i> (irski mah) <i>Lithothamnium calcareum</i>	
Zelene alge	<i>Ulva spp.</i> (morska solata) <i>Enteromorpha spp.</i> <i>Chlorella spp.</i>	
Mikroalge	Modrozeleni cepeljivke	<i>Spirulina sp. (spirulina)</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
	Kremenaste alge	<i>Odontella aurita</i>

V prehrani lahko uporabljamo tako makroalge, kot tudi mikroalge. Med makroalge (angleški izraz zanje je »seaweed«) so uvrščene tri skupine evkariontskih alg: rdeče alge, zelene alge,

rvjave alge ter nitasti predstavniki modrozelenih cepljivk. Te štiri skupine nimajo skupnega večceličnega prednika. Makroalge rastejo pritrjene na morski substrat, do koder pride le majhna količina svetlobe, ki jo alge vendarle uspešno izkoriščajo za fotosintezo. Človek lahko makroalge izkorišča na različne načine. V južnih predelih Azije na primer se pogosto uporabljajo v običajni prehrani. Mnoge makroalge pa gojijo za uporabo njihovih ekstraktov, ki so pomembni pri izdelavi agarja (nadomestek za želatino), alginata (snov za zgoščevanje, ki nase veže vodo), ipd. Različni koloidi, ki so pridobljeni iz alg, so pomembni v proizvodnji prehranskih aditivov ali kot pomožna tehnološka sredstva. Tako so ekstrakti alg tudi sestavine mnogih kozmetičnih proizvodov, npr. zobnih krem, barv, pa tudi drugih izdelkov (Hopley, 2011).

Najpogostejše vrste mikroalg, ki se uporabljajo v prehrani, pripadajo rodovom, ki so prikazani v Tabeli 3.

**Tabela 3: Najpogostejše vrste mikroalg, ki jih uporabljamo v prehrani.** Prirejeno po: Priyadarshani, Rath. 2012.

DEBLO <sup>1</sup> ali RAZRED <sup>2</sup>	ROD	VRSTA
<b>Cyanobacteria<sup>1</sup> – CIANOBAKTERIJE</b>		
	<i>Arthrospira</i>	<i>Spirulina platensis</i> ( <i>Arthrospira platensis</i> ) <i>Spirulina maxima</i> ( <i>Arthrospira maxima</i> )
<b>Haptophyta<sup>1</sup> – HAPTOFITI</b>		
	<i>Isochrysis</i>	<i>Isochrysis galbana</i>
<b>Heterokontophyta<sup>1</sup> – RAZNOBIČKASTE ALGE</b>		
Kremenaste alge <sup>2</sup>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros sp.</i>
<b>Chlorophyta<sup>1</sup> – ZELENE ALGE</b>		
	<i>Chlorella</i>	<i>Chlorella vulgaris</i> <i>Chlorella pyrenoidosa</i>
	<i>Dunaliella</i>	<i>Dunaliella salina</i> <i>Dunaliella bioculata</i> <i>Dunaliella tertiolecta</i>

Ostali predstavniki mikroalg, ki se lahko uporabljajo v prehranski industriji, so predstavljeni v Tabeli 4.

**Tabela 4: Ostali predstavniki mikroalg.** Prirejeno po: Priyadarshani, Rath. 2012.

DEBLO <sup>1</sup> ali RAZRED <sup>2</sup>	ROD	VRSTA
<i>Cyanobacteria</i> <sup>1</sup> – CIANOBAKTERIJE		
	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena cylindrical</i>
	<i>Synechococcus</i>	<i>Synechococcus sp.</i>
<i>Haptophyta</i> <sup>1</sup> – HAPTOFITI		
	<i>Prymnesium</i>	<i>Prymnesium parvum</i>
<i>Euglenophyta</i> <sup>1</sup> – EVGLENOFITI		
	<i>Euglena</i>	<i>Euglena gracilis</i>
<i>Rhodophyta</i> <sup>1</sup> – RDEČE ALGE		
	<i>Porphyridium</i>	<i>Porphyridium cruentum</i>
<i>Chlorophyta</i> <sup>1</sup> – ZELENE ALGE		
	<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus obliquus</i> <i>Scenedesmus dimorphus</i> <i>Scenedesmus quadricauda</i>
	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Chlamydomonas reinhardii</i>
	<i>Haematococcus</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>
	<i>Spirogyra</i>	<i>Spirogyra sp.</i>
	<i>Botryococcus</i>	<i>Botryococcus braunii</i>

## Spirulina

*Spirulina maxima* in *Spirulina platensis* sta planktonski cianobakteriji, ki se množično pojavljata v tropskih in subtropskih vodnih okoljih. Živita v okoljih, za katere so značilne visoke temperature vodnega medija ter visoke koncentracije karbonatov in bikarbonatov, ki vplivajo na visok pH (vse do 11) (Vonshak, 1997). *Spirulina platensis* je bolj razširjena vrsta, ki jo lahko najdemo v Afriki, Aziji in Južni Ameriki, medtem ko se *Spirulina maxima* pojavlja le na območjih centralne Amerike (Nicoletti, 2016). Obe vrsti sta nitasti cianobakteriji, ki ne vsebujeta heterocist (to so posebne celice, kjer poteka vezava dušika). Njuno telo je zgrajeno iz kroglastih celic, ki so urejene v nerazvejane niti (Ciferri, 1983).

Med obema vrstama lahko opazimo nekaj morfoloških razlik, ki so vidne z mikroskopom. Ti ekonomsko pomembni vrsti, ki zlasti v Aziji predstavljata pomemben vir hrane, so uvrstili v rod *Arthrospira*. Zato lahko v literaturi namesto tradicionalnih imen (*Spirulina platensis* in *Spirulina maxima*) zasledimo drugačno poimenovanje teh dveh vrst (torej *Arthrospira platensis* ter *Arthrospira maxima*) (Vonshak, 1997).



## Chlorella

*Chlorella* je mikroskopska enocelična zelena alga. Značilno zeleno obarvanost alge prispevata barvili klorofil a ter b. Ta organizem lahko preprosto gojimo, saj za svoje uspevanje potrebuje le vodo, ogljikov dioksid, svetlobo ter majhno količino mineralov (Nicoletti, 2016).

## Naravna barvila v algah

Raznolikost barv (pigmentov) v rastlinskem svetu je posledica navzočnosti različnih molekul v rastlinskih celicah, ki vidno svetlobo vpijajo (absorbirajo) ali odbijajo. Snovi v algah in rastlinah, ki vidno svetlobo absorbirajo, so fotosintetska barvila. Najpomembnejše rastlinsko barvilo je zeleno barvilo klorofil, ki absorbira rdečo in modro svetlobo. Klorofil energijo svetlobnih fotonov v procesu fotosinteze pretvarja v kemično energijo. Zelena svetloba se od klorofila odbija, zato vidimo večino rastlinskih delov kot zelene. Poleg klorofila poznamo tudi druga fotosintetska barvila, ki absorbirajo druge valovne dolžine vidne svetlobe (taki so denimo karotenoidi-oranžna barvila) (Boyer, R. 2005).

Poznamo tri osnovne razrede rastlinskih barvil:

- Klorofili so zeleni pigmenti, ki v svoji zgradbi vsebujejo porfirni obroč. To je stabilna krožno oblikovana molekula, okoli katere lahko elektroni prosto potujejo. Ker se lahko elektroni prosto premikajo, lahko obroč izgublja ali pridobiva elektrone. Tako se spreminja energijski potencial molekule (Diez, 2015).

Poznamo številne klorofile, med katerimi je najpomembnejši klorofil a. Glavna naloga klorofila je absorpcija svetlobe ter pretvorba svetlobne energije v kemično. Poznamo več različnih tipov klorofilov (a, b, c, d, e), ki se med seboj razlikujejo v kemični zgradbi in zato opravljajo različne naloge. Klorofil a je velika molekula, ki ima v centru porfirnega obroča magnezijev atom. To je glavni fotosintetski pigment, ki je v neposredni interakciji s sončno





svetlobo. Klorofil b je fotosintetski pigment, ki je v proces fotosinteze vključen le posredno. Njegova naloga je prenos svetlobne energije na klorofil a. Klorofil b se od klorofila a razlikuje le v eni funkcionalni skupini, ki je vezana na porifirni obroč. Oba klorofila prvotno absorbirata rdečo in modro svetlobo, ki sta pomembni za fotosintezo (Diez, 2015).

- Karotenoidi so običajno rdeča, oranžna ali rumena barvila. Molekula karotenoidov je zgrajena iz dveh obročev s po šestimi ogljikovimi atomi, ki sta med seboj povezana. Karotenoidi so molekule, ki so v vodi netopne. Ta barvila prenašajo energijo sonca na molekule klorofila, zato jih imenujemo tudi pomožna barvila. Eden izmed pomožnih pigmentov, ki spada med karotenoide, je rjavi pigment fukoksantin, ki ga najdemo pri kremenastih in rjavih algah (Diez, 2015).
- Fikobilini so v vodi topna barvila. Najdemo jih v citoplazmi celice ali v stromi kloroplasta. Najdemo jih pri modrozelenih cepljivkah (fikocianin) ter pri rdečih algah (fikoeritrin) (Speer, 1997).

### **Mikroalge kot vir pigmentov oz. barvil**

Uporaba alg kot dodatka v krmilih nam omogoča uporabo naravnih pigmentov (barvil) v verigi pridelave hrane. Rod zelenih alg *Haematococcus* se tako uporablja za pridelavo karotenoida astaksantina, ki je odgovoren za rožnato barvo v mesu lososa. Tudi alge *Chlorella sp.* in *Spirulina sp.* se uporabljajo kot vir karotenoidov, ki jih lahko nekatere vrste rib pretvorijo v astaksantin in v druge svetlejšje pigmente. Rod *Dunaliella* proizvaja velike količine  $\beta$ -karotena (Guedes in sod., 2015).



Tabela 5: Vsebnost pigmentov v algah. Prirejeno po: Guedes in sod., 2015.

DEBLO <sup>1</sup> ali RAZRED <sup>2</sup>	VRSTA	Pigmenti
<i>Cyanobacteria</i> <sup>1</sup> – CIANOBAKTERIJE		
	<i>Spirulina spp.</i>	<i>B-karoten, zeaksantin, fitocianin, alofitocianin</i>
<i>Chlorophyta</i> <sup>1</sup> – ZELENE ALGE		
	<i>Chlorella spp.</i>	<i>Astaksantin, kantaksantin, klorofil</i>
	<i>Dunaliella salina</i>	<i>B-karoten, zekaksantin, klorofil</i>
	<i>Scenedesmus spp.</i>	<i>Lutein, B-karoten</i>
	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Astaksantin, kantaksantin, lutein, klorofil</i>

Pri tem moramo opozoriti, da so karotenoidi, npr.  $\beta$ -karoten (EFSA, 2006), zeaksantin (EFSA, 2010), lutein (EFSA 2011, EFSA 2012), pomembna mikrohranila oz. njihovi prekursorji. Vsa barvila nimajo hranilne vrednosti, npr. klorofili (D-A-CH, 2015 npr. jih ne navaja). Ko se uporabljajo katerekoli od omenjenih spojin v živilih kot barvila, sodijo med aditive in so na deklaracijah označena s številko za veliko črko E (Evropski parlament in Svet, 2000).



# Hranila v algah

Uživanje alg v običajni prehrani je precej odvisno od tradicije, pri čemer prevladujejo Japonci. Od leta 2010 do leta 2014 so ocenili porabo na Japonskem na 9,6-11,0 g makroalg na dan. Nekateri avtorji tako navajo, da se na splošno trend uporabe alg v prehrani ljudi povečuje, in kot vzrok za to vidijo možne ugodne učinke na zdravje in večji porabi alg kot prehranskih aditivov (Wells in sod., 2016).

## Makrohranila

Podatki in informacije o hranilni vrednosti alg v prehranskih dopolnil so pomembne informacije za potrošnika oziroma njihovega uporabnika. Ko govorimo o hranilni vrednosti, nas seveda na prvem mestu zanimajo makrohranila. V Tabeli 6 tako predstavljamo pregled vsebnosti beljakovin, ogljikovih hidratov in maščob v najpogostejših vrstah alg, ki se uporabljajo v prehrani, pri čemer je potrebno razumevanje podanih količin. Za ilustracijo tako predstavljamo naslednji primer; če je masa tablete, sestavljena le iz posušene alge s 50 % vsebnostjo beljakovin, 500 mg, moramo za zaužitje 50 g beljakovin pojesti kar 200 tablet. Poleg tega je iz Tabele 6 razvidna velika variabilnost vsebnosti makrohranil že znotraj posameznih vrst alg.



**Tabela 6: Vsebnost makrohranil v algah (v % na suho maso alge).** Prirejeno po: Guedes in sod., 2015.

DEBLO <sup>1</sup> ali RAZRED <sup>2</sup>	VRSTA	BELJAKOVINE	OGLJIKOVI HIDRATI	MAŠČOBE
<b>Cyanobacteria<sup>1</sup> – CIANOBAKTERIJE</b>				
	<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9
	<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7
	<i>Anabaena cylindrical</i>	43-56	25-30	4-7
	<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11
<b>Haptophyta<sup>1</sup> – HAPTOFITI</b>				
	<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33	22-38
<b>Euglenophyta<sup>1</sup> – EVGLENOFITI</b>				
	<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20
<b>Rhodophyta<sup>1</sup> – RDEČE ALGE</b>				
	<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14
<b>Chlorophyta<sup>1</sup> – ZELENE ALGE</b>				
	<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
	<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8
	<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
	<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15	3
	<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-55	10-15	12-14
	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8-18	21-52	16-40
	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	40	12	1,9
	<i>Chlamydomonas rheinhardii</i>	48	17	21
	<i>Spirogyra sp.</i>	6-20	33-64	11-21

## Beljakovine

Cianobakterija *Spirulina* in zelena alga *Chlorella* lahko vsebujeta tudi do 70 % beljakovin na suho maso alge. Njuna aminokislinska sestava se lahko primerja z aminokislinsko sestavo jajc z vsebnostjo vseh esencialnih aminokislin (Wells in sod., 2016). Od aminokislin, ki jih najdemo v algah, je največ aspartata in glutamata, najmanj pa cisteina, metionina, triptofana in histidina (Brown in sod., 1997).



**Tabela 7: Aminokislinska sestava alg v primerjavi s konvencionalnimi beljakovinskimi viri v g/100 g beljakovin.** Prirejeno po: Guedes in sod., 2015.

	Ile	Leu	Val	Lys	Phe	Tyr	Met	Cys	Try	Thr	Ala	Arg	Asp	Glu	Gly	His	Pro	Ser
Jajca	6,6	8,8	7,2	5,3	5,8	4,2	3,2	2,3	1,7	5,0	-	6,2	11,0	12,6	4,2	2,4	4,2	6,9
Soja	5,3	7,7	5,3	6,4	5,0	3,7	1,3	1,9	1,4	4,0	5,0	7,4	1,3	19,0	4,5	2,6	5,3	5,8
<i>Chlorella vulgaris</i>	3,8	8,8	55,6	8,4	5,0	3,4	2,2	1,4	2,1	4,8	7,9	6,4	9,0	11,6	5,8	2,0	4,8	4,1
<i>Scenedesmus obliquus</i>	3,6	7,3	6,0	5,6	4,8	3,2	1,5	0,6	0,3	5,1	9,0	7,1	8,4	10,7	7,1	2,1	3,9	3,8
<i>Spirulina platensis</i>	6,7	9,8	7,1	4,8	5,3	5,3	2,5	0,9	0,3	6,2	9,5	7,3	11,8	10,3	5,7	2,2	4,2	5,1
<i>Spirulina maxima</i>	6,0	8,0	6,5	4,6	4,9	3,9	1,4	0,4	1,4	4,6	6,8	6,5	8,6	12,6	4,8	1,8	3,9	4,2

## Ogljikovi hidrati

Alge lahko shranjujejo ogljikove hidrate v škrobnih zrnih ter v celični steni. Vsebnost ogljikovih hidratov je odvisna od vrste alge in pa faze njene rasti. V algah se nahajajo ogljikovi hidrati arabinoza, ksiloza, manoza, galaktoza in glukoza ter redkeje ramnoza, fukoza in uronska kislina (Draaisma in sod., 2013).

Posušene užitne makroalge imajo lahko svoji sestavi tudi do 64 % vlaknin v suhi masi, takšna je, denimo, *Gracilaria*. V rjavih algah 14-40 % suhe mase predstavlja polisaharid alginat, so pa tudi vir  $\beta$ -glukanov, celuloze, heteroglikanov in fukoidanov. V zelenih algah najdemo polisaharide ulvane (dobimo jih, denimo, pri rodu *Ulva*). Rdeče alge so vir karagenanov, sulfatiziranih galaktoznih polimerov (Wells in sod., 2016). V živilstvu se uporabljajo kot sredstvo za želiranje.

## Maščobe

Za razliko od kopenskih rastlin, lahko mikroalge neposredno sintetizirajo večkrat nenasičene maščobne kisline, kot so arahidonska kislina (najdemo jo v rodu *Porphyridium*, eikozapentanojska kislina (najdemo jo v rodovih *Nannochloropsis*, *Phaeodactylum*, *Nitzschia*, *Isochrysis*, *Diacronema*) in dekozapentanojska kislina (najdemo jo v rodovih *Cryptocodinium* in *Schizochytrium*). Večina teh alg ni primernih za neposredno uživanje v prehrani človeka, ker lahko vsebujejo toksične snovi, zato jih dodajajo v izoliranih oblikah v krmo živali, ki so del človeške prehrane (Guedes in sod., 2015).



## Mikrohranila

Po literaturnih podatkih naj bi se različni tipi alg, predvsem mikroalg, kot so *Nostoc*, *Botryococcus*, *Anabaena*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Synechococcus*, *Parietochloris* in *Porphyridium* uporabljali zaradi vsebnosti vitaminov retinol, tiamin, riboflavin, niacin, piridoksin, folne kisline, kobalamin, askorbinske kisline, vitamina D, tokoferola in biotina. Te alge naj bi vsebovale tudi esencialne elemente kot so kalij, cink, jod, selen, železo, magnezij, baker, fosfor, natrij, kobalt, molibden, žveplo, dušik in kalcij (Bishop in Zubeck, 2012).

## Vitamini in minerali

Vsebnost mineralov se razlikuje glede na vrsto alg. Največje razlike so vidne pri vsebnosti vitamina C (askorbinske kisline), ki ga je v algah lahko od 1 mg/g pa vse do 16 mg/g suhe mase alg (Brown in Miller, 1992). Vsebnost askorbinske kisline je verjetno pogojena tudi z načinom proizvodnje, sušenja in shranjevanja alg (Guedes in sod., 2015).

**Tabela 8: Vsebnost vitaminov v algah.** Prirejeno po: Segueineau in sod., 1996 in Brown in sod., 1999.

Vitamin	Povprečna vsebnost vitamina v algah
β-karoten	0,5-1,1 mg/g
Niacin	0,11-0,47 mg/g
α tokoferol	0,07-0,29 mg/g
Tiamin	29-109 µg/g
Riboflavin	25-50 µg/g
Pantotenska kislina	14-38 µg/g
Folati	17-24 µg/g
Piridoksin	3,6-17 µg/g
Kobalamin	1,8-7,4 µg/g
Biotin	1,1-1,9 µg/g
Retinol	manj kot 2,2 µg/g
Vitamin D	manj kot 0,45 µg/g



Rjave alge, kot sta rodova *Laminaria* in *Saccharina*, imajo po navedbah nekaterih avtorjev visoko vsebnost joda in soli (Wang in sod., 2016). Alge iz rodov *Sargassum*, *Ulva* in *Porphyra* naj bi tako imele visoko vsebnost železa. Tako nekateri avtorji ugotavljajo, da uživanje že 15 g alge iz rodu *Sargassum* na dan, denimo, zagotavlja večjo količino železa od dnevnih priporočil, ki znašajo do 18 mg železa na dan (Wells in sod., 2016). Vendar 15 g alge stisnjenih v 500 mg tablete, pomeni 30 tablet. Uživanje tako velikih količin alg vsak dan vsekakor predstavlja izziv.

### Maščobne kisline

Nekateri avtorji navajajo alge kot alternativni vir omega-3 maščobnih kislin, ki v primerjavi z ribami nimajo neprijetnega vonja. Kot primerne v ta namen se navajajo *Nitzschia sp.*, *Navicula sp.*, *Phaeodactylum* ter nekatere vrste iz debla *Chlorophyta*. Isti avtor navaja prisotnost maščobnih kislin tudi v *Spirulina sp.*, vendar brez navedbe količin (J. Paniagua-Michel v Se-Kwon, 2015).

**Tabela 9: Prisotnost večkrat nenasičenih maščobnih kislin v algah.** Povzeto po J. Paniagua-Michel v Se-Kwon, 2015.

Večkrat nenasičena maščobna kislina	Vir
g-linolenska kislina	Arthrospira sp.
arahidonska kislina	Phorphyridium sp.
eikopentanijska kislina	Nannochloropsis, Phaeodactylum
dokoheksanojska kislina	Cryptocodinium, Schizochytrium

Pri interpretaciji vsebnosti hranil v algah in njihovem pomenu za prehranski vnos moramo biti pozorni na razmerja količin in voluminoznosti alg, kot smo že omenili na primeru beljakovin med makrohranili. 100 g suhe mase Spiruline, stisnjene v 500 mg tablete, kar pomeni 200 tablet, tako npr. zagotavlja približno 10 % dnevnih potreb folne kisline 70 kg moškega ali že kar 100% potreb po magneziju, kot je razvidno v Tabeli 10.



**Tabela 10: Povprečna hranilna vrednost alg v gramih hranil na 100 gramov suhe mase** (povzeto po West in Zubeck, 2012) v primerjavi z dnevnimi potrebami odraslega moškega povzeto po (D-A-CH, 2015).

Hranilo	<i>Spirullina</i>	<i>Dunaliella</i>	<i>Haematococcus</i>	<i>Chlorella</i>	Dnevne potrebe 70 kg moškega z dnevnim vnosom 2100 kcal podani v gramih (D-A-CH, 2015)
Beljakovine	63	7,4	23,6	64,5	56
Maščobe	4,3	7,0	13,8	10,0	70
Ogljikovi hidrati	17,8	29,7	38,0	15,0	263
Magnezij	0,319	4,59	1,14	0,264	0,3
Tiamin	0,001	0,0009	0,00047	0,0023	0,001
Riboflavin	0,0045	0,0009	0,0017	0,005	0,001
Niacin	0,0149	0,001	0,0066	0,025	0,011
Pantotenska kislina	0,0013	0,0005	0,0014	0,0019	0,006
Piridoksin	0,00096	0,0004	0,00036	0,0025	0,012
Folna kislina	0,000027	0,00004	0,00029	0,0006	0,0003
Kobalamin	0,00016	0,000004	0,00012	0,000008	0,000003





## Gojenje alg

Pri gojenju alg razlikujemo med odprtimi in zaprtimi gojitvenimi sistemi, ki so predstavljeni v nadaljevanju.

### Odprti sistemi

Danes najbolj pogosti komercialni sistemi za pridelavo mikroalg so odprti sistemi, med katereimi ločimo štiri glavne tipe: velike plitke bazene, rezervoarje, krožne bazene in t.i. *raceway ponds*. Ti odprti sistemi običajno zahtevajo veliko površino, na kateri se namesti gojitveni sistem za alge, a so ekonomsko ugodni (Chacon in Gonzales, 2010).

Najpogosteje uporabljeni sistem za gojenje mikroalg je sistem bazenov, ki v globino merijo do 30 cm. Pri postavitvi bazenov je potrebno paziti na optimalno globino, ki omogoča zadosten pretok vode s hranili in mikroalgami (Enzing in sod., 2014). Predolga pot svetlobnih žarkov v večjo globino in slabo mešanje vode, ki je sicer bogata s hranili, povzročita nizko koncentracijo biomase in s tem nizek končen donos odprtega sistema. V povprečju znaša donos biomase v odprtih sistemih, izpostavljenih soncu v južni Evropi, 30 ton suhe biomase/ha/leto (Enzing in sod., 2014).

Glavna pomanjkljivost odprtih sistemov je slaba kontrola temperature. Odprti sistemi so tudi dovzetni za vdor organizmov, ki se z algami prehranjujejo, ter za kontaminacijo s parazitskimi organizmi ali drugimi vrstami alg, ki so v danih pogojih bolj uspešne in prerastejo gojeno vrsto alg. Zatorej lahko v takih sistemih gojimo le nekatere vrste alg. Selektivnost lahko dosežemo z izpostavitvijo organizmov selektivnemu okolju (primera takih alg sta vrsta *Dunaliella salina*, katere rast je uspešna pri veliki zasoljenosti, in *Spirulina platensis*, ki uspeva pri bazičnem pH) ali z uporabo velikih količin zasevka vrste, ki je bila vzgojena v strogo



kontroliranih pogojih in ima hitro rast (na primer *Chlorella sp.*). Zaradi znatne izgube CO<sub>2</sub> v ozračje, so odprti sistemi mnogo manj uspešni pri izkoriščanju ogljikovega dioksida za proces fotosinteze, kot zaprti fotobioreaktorji (Enzing in sod., 2014).

## Zaprti sistemi

Med zaprtimi sistemi, ki se uporabljajo za pridelavo alg, obstaja velika raznolikost. Vsem je skupno to, da je preprečen stik med gojenimi algami in zunanjim okoljem, na kar je treba biti pozoren tudi pri pobiranju vzorcev in pridelka. Z izrazom zaprti sistem običajno označujemo t.i. fotobioreaktorje (PBR). Pri nižje cenovni pridelavi so ti lahko nameščeni na prostem, pri boljšem nadzoru nad gojitvenimi pogoji pa so pogosto nameščeni znotraj rastlinjakov. V primerjavi z odprtimi sistemi je njihova glavna pomanjkljivost visoka cena namestitve in vzdrževanja sistema (Enzing in sod., 2014).

Glavne prednosti fotobioreaktorjev pred odprtimi sistemi so, da:

- preprečijo ali zmanjšajo možnost kontaminacije in s tem omogočijo gojenje vrst, ki jih ni mogoče gojiti v odprtih sistemih,
- nudijo boljši nadzor nad pogoji gojenja, kot so pH, koncentracija CO<sub>2</sub>, koncentracija O<sub>2</sub>, temperatura, dostopnost hranil,
- preprečujejo izhlapevanje in s tem porabo vode,
- zmanjšajo izgubo CO<sub>2</sub> v ozračje,
- dosežejo večjo koncentracijo alg in s tem večji volumetrični donos ter
- omogočajo bolj konstantno rast in vrstno sestavo mikroalg (Chacon in Gonzales, 2010 in Enzig in sod., 2014).

Pri oblikovanju fotobioreaktorjev je potrebno zagotoviti učinkovito preskrbo alg s svetlobo ter zanesljivost in stalnost procesa s preprečevanjem pregrevanja, nasičenja s kisikom in biološkega onesnaženja. Gojenim organizmom je treba zagotoviti tudi ustrezen svetlobni



gradient, dnevno nočni cikel, mešanje vode ter ustrezno razmerje med površino in prostornino reaktorja. Razmerje med površino in prostornino reaktorja je namreč tisto, ki določa količino vstopajoče svetlobe na enoto prostornine in s tem izpostavljenost celic le-tej. Večje kot je razmerje, večja je koncentracija celic in s tem volumetrični donos. Za uspešno gojenje alg je treba zagotavljati tudi zadosten vnos vode, ogljikovega dioksida, dušika in fosforja v fotobioreaktor (Enzing in sod., 2014).

Pogoje v fotobioreaktorjih je treba, glede na fiziologijo, prilagoditi posameznim vrstam mikroalg. Zaprti sistemi, v nasprotju z odprtimi, omogočajo pridelavo tistih vrst alg, ki so bogate z visokokakovostnimi sestavinami, njihovo pridelavo pa lahko s kontrolo gojitvenih pogojev maksimiziramo (Chacon in Gonzales, 2010).

## Sistemi notranje pridelave

Za manjšo pridelavo mikroalg v namene raziskovanja se uporablja širok spekter gojitvenih sistemov. Alge lahko med drugim gojimo v erlenmajericah, v fermentorjih oz. fotobioreaktorjih ter v ploščatih reaktorjih (Enzing in sod., 2014).

## Pridelava heterotrofnih alg

Ker so nekatere vrste mikroalg heterotrofi in zato potrebujejo vir organskih hranil, to poveča finančni strošek gojenja. Za masovno pridelavo teh vrst se uporablja jeklene fermentorje, ki so popolnoma ločeni od okolice. V njih lahko, na primer, gojimo alge *Cryptocodinium cohnii*, *Schyzochytrium* in *Ulkenia* sp. za heterotrofno pridelavo dolgoverižnih nenasičenih maščobnih kislin (Enzing in sod., 2014).



## Polzaprti sistemi

Za gojitev mikroalg se uveljavljajo tudi t.i. polzaprti sistemi, ki niso v celoti ločeni od zunanje okolja. Ti so se zaradi pogoste kontaminacije in propada kultur v odprtih sistemih (Vigani in sod., 2015) in predrage uporabe zaprtih sistemov izkazali za najboljši način gojenja mikroalg za hrano in krmo (Enzing in sod., 2014).

## Primerjava odprtih in zaprtih sistemov

V Tabeli 11 so predstavljene ključne lastnosti odprtih in zaprtih sistemov za gojenje mikroalg.

**Tabela 11: Primerjava med odprtimi in zaprtimi sistemi za pridelavo mikroalg.** Prirejeno po: Pires, 2015 in Resnik, 2011.

DEJAVNIK	ODPRTI SISTEMI	ZAPRTI SISTEMI
Zahtevana površina tal	velika	majhna
Zahteva po vodi	velika	majhna
Izgube CO <sub>2</sub>	velike, odvisne od globine bazena	majhne
Vrste alg	omejene	več možnosti
Kontaminacija	visoka stopnja ogroženosti	nizka stopnja ogroženosti
Produkcija biomase	nizka	visoka
Kvaliteta biomase	spremenljiva	ponovljiva
Koncentracija biomase	majhna	velika
Nadzor temperature	ni mogoč, v majhni meri le z globino bazena	mogoč, pogosto potrebno hlajenje
Čiščenje	ni potrebno	potrebno
Vpliv vremena	visok	nizek
Zahteva po energiji	nizka	visoka
Nadzor procesov	omejeno	mogoč
Stroški delovanja	nizki	visoki
Stroški pobiranja pridelka	veliki	manjši

Tehnologija gojenja mikroalg je še vedno v razvoju, vendar se na področju njihovega gojenja izvajajo številne raziskave, ki skušajo optimizirati proces (Enzing in sod., 2014).



## Pogoji za rast alg

Pogoji v sistemih, namenjenih gojenju alg, se močno razlikujejo, saj se prilagajajo razmeram, v katerih v naravnem okolju uspevajo posamezne vrste alg. Pogoji za rast pri industrijskem gojenju imajo širok razpon, vse od teme v jeklenih fermentorjih za heterotrofne alge, do svetlobe v steklenih ali plastičnih sistemih za fototrofne ali miksotrofne alge. Razlikujejo se tudi koncentracija soli, pH, temperatura ter dostopnost hranil in kisika, kot je razvidno iz Tabele 12 (Enzing in sod., 2014). S spreminjanjem dejavnikov lahko alge spodbudimo k pospešeni sintezi določene komercialno zanimive snovi (Chacon in Gonzales, 2010).

Pri gojenju mikroalg za prehrano in krmo morajo pridelovalci (poleg zmanjšanja stroškov gojenja) stremeti tudi k izboljšanju gojitvene tehnologije z vidika varnosti živil ter k stabilnosti velikih kultur alg, brez prisotnosti kontaminacij, ki vodijo do propada kulture (Enzing in sod., 2014).

**Tabela 12: Ključni dejavniki pri gojenju alg.** Prirejeno po: Enzing in sod., 2014.

DEJAVNIK	RAZPON	OPTIMUM
Temperatura [°C]	16-27	18-24
Slanost [g/l]	12-40	20-24
Intenziteta svetlobe [mmol/m <sup>2</sup> /s]	15-135 (odvisno od prostornine in gostote)	40-70
Fotoperioda (svetloba:tema) [ure]	/	16:8 (minimum) 24:0 (maksimum)
pH	7-9	8,2-8,7

Kroženje vode je za uspešno gojenje alg nujnega pomena, vendar lahko prevelika intenziteta mešanja vode vodi do celičnih poškodb ali celo smrti. Za preprečevanje nesreč je torej treba intenziteto in sistem mešanja prilagoditi organizmu, ki ga želimo gojiti, pri čemer pa način mešanja vode vpliva na pridelavo in strošek namestitve (Enzing in sod., 2014).



Mešanje vode je nujno za:

- preprečevanje usedanja celic,
- preprečevanje nastanka temperaturnega in pH gradienta,
- razporeditev hranil,
- odstranjevanje pri fotosintezi nastalega kisika, ki ob preveliki koncentraciji zavre fotosintezo,
- preskrbo z ogljikovim dioksidom ter
- izpostavljenost vseh celic zadostni količini svetlobe ter dnevno nočnemu ciklu (Enzing in sod., 2014).

Zaradi ugodnih sončnih razmer veljata južna Evropa in severna Afrika za najbolj ugodni lokaciji za pridelavo biomase mikroalg, vendar le pod pogojema, da sta v neposredni bližini dostopna zadostna količina hranil in vir ogljikovega dioksida. Kot vir hranil, torej dušika in fosforja, se lahko uporablja odpadna voda urbanih okolij ali industrijskih obratov, kot vir ogljikovega dioksida pa plini, nastali pri izgorevanju ali fermentaciji (Enzing in sod., 2014).

Za odprti in polzaprti sistem je mnogo težje najti ustrezne lokacije s primernimi klimatskimi in okoljskimi pogoji. Ker so zaprti sistemi na zunanje razmere manj občutljivi, je njihova uporaba mogoča tudi v bolj severnih predelih. Ker pa sta njihova namestitvev in uporaba dražja, se ti sistemi uporabljajo predvsem za pridobivanje posameznih snovi iz mikroalg (Vigani et al. 2015). Kljub najbolj optimalnim razmeram za gojenje alg v Sredozemlju, se torej tehnologija gojenja mikroalg razvija po celotni Evropi (Enzing in sod., 2014).



**Preglednica: Sistemi proizvodnje, povzeto po (Chacon in Gonzales, 2010).**

- Odprti PBR: krožni bazeni, pretočni bazeni, globoki bazeni, naravni bazeni
- Zaprti PBR: cevasti, ravni paneli (ang. flat panel), mehurčkaste kolone (ang. bubble columns), kupole (ang. domes), kombinirani

Vir svetlobe:

- Naravni: sončna svetloba
- Umetni: rumena svetloba, fluorescentna, halogenske žarnice, LED svetilke
- Kombinirana: sončna svetloba čez dan, umetna osvetlitev tekom noči

Kontrola temperature:

- Brez: izpostavljenost okoljskim pogojem
- Z: Zunanji vir ogrevanja ali ohlajanja

Vir organskih snovi:

- CO<sub>2</sub>: komercialni CO<sub>2</sub>, odvečni industrijski plini
- Glukoza, očetna kislina
- Odvečna organska snov iz industrije: odpadna voda od gnojenja rastlin ali iz prehranske industrije

Kontrola pH:

- Regulacija z dodajanjem kislin ali baz
- Vbrizgavanje CO<sub>2</sub>
- Brez

Mešanje kultur:

- Naravno: veter
- Mehanično: vesla, črpalke, preprihanje s CO<sub>2</sub>



## Izolacija

Če želimo delati z monokulturami, je treba iz naravnega okolja izolirati čiste kulture in njihovo izoliranost zagotavljati tudi med gojenjem v laboratorijih. Najpomembnejše izolacijske metode so streking oz. precepljanje, serijska redčenja in izolacija posamezne celice. (Singh in sod., 2015)

### Precepljanje

Ta metoda se uporablja za izolacijo čiste linije za raziskovanje in identifikacijo alg. Za njeno izvedbo je treba pripraviti aseptične plošče agarja, na katere s sterilno cepilno zanko prenesemo kulture alg iz tekočega vzorca ali kolonije, ki se morfološko razlikuje od drugih (npr. po obliki, velikosti in barvi). Preneseno kulturo lahko na različne načine razprostrimo po celotni površini plošče. Plošče inkubiramo pri optimalnih pogojih, ki so odvisni od vrste alg, ki jo želimo izolirati (Singh in sod., 2015)

### Serijsko redčenje

Serijsko redčenje je najpogostejša in najbolj uveljavljena tehnika izolacije mikroalg iz vzorca. Gre za postopno redčenje vzorca v raztopini z običajno konstantnim faktorjem redčenja. Pogoji redčenja so odvisni od predvidenega števila celic v kulturi alg. Raztopino, s katero redčimo, lahko, glede na habitat in posebne potrebe določenih vrst alg, uporabimo kot selektivni pritisk, ki nas privede do iskane vrste. Končni rezultat izolacije je odvisen od natančnosti merjenja števila celic med prenosom iz enega medija v drugega.





## Izolacija posamezne celice

Pri tehniki izolacije posamezne celice se z mikropipeto ali stekleno kapilaro iz vzorca pobere celico, ki se jo prenese v sterilno kapljico vode ali drugega medija. Za pravilno izvajanje tehnike je potrebna natančnost in znanje, saj lahko ob poškodbi celice pride do njenega propada. Tega prepoznamo po nedelujočih bičkih ali puščanju protoplazme<sup>9</sup>.

## Pobiranje pridelka alg

Pri pobiranju pridelka biomaso alg ločujejo od medija, v katerem je gojenje potekalo. Ustrezno metodo izberejo glede na značilnosti gojenih alg in njihovo vrednost na komercialnem trgu. Običajno se izbere centrifugiranje, filtriranje, kosmičenje, mogoče pa je uporabiti tudi različne kombinacije teh tehnik (Pires, 2015).

Gojitveni medij iz kulture mikroalg v grobem odstranijo s precejanjem skozi sito, kar velja za preprost in nizkocenovni postopek, njegova učinkovitost pa je odvisna od velikosti por sita in velikosti celic mikroalg (Pires, 2015).

Centrifugiranje<sup>10</sup> je najhitrejša metoda za pobiranje pridelka, vendar je hkrati cenovno najbolj neugodna, saj zahteva veliko energije. Posledično se centrifugiranje primarno uporablja za proizvode z veliko tržno vrednostjo (Pires, 2015).

Pri filtraciji gre za proces fizičnega ločevanja medija in celic alg, ki poteka ob pretoku tekočine skozi membrano in je učinkovit pri majhnih prostorninah kulture (Pires, 2015).

---

<sup>9</sup> Protoplazma je celotna živa snov celice (Amebis, 2016).

<sup>10</sup> Centrifugiranje je metoda za ločevanje delcev iz tekočega medija ali za ločevanje različnih delcev v raztopini. Izvajamo jo na podlagi težnosti s sredobežno (centrifugalno) silo v posebni napravi, imenovani centrifuga (Likar, 1987).



Kemična koagulacija<sup>11</sup> in kosmičenje<sup>12</sup> sta cenovno ugodni metodi za pobiranje pridelka, njuna uspešnost pa je odvisna od koncentracije celic, lastnosti alg, koncentracije koagulantov ali kosmičev, pH vrednosti in ionske sestave gojitvenega medija. Kosmičenje lahko poteka tudi brez dodatka kemikalij – če poteka ob prisotnosti sončne svetlobe in omejenem dostopu ogljikovega dioksida, mu rečemo avtoflokulacija. Prednost dviga pH vrednosti pri teh postopkih je v tem, da je zavrta rast patogenih<sup>13</sup> mikroorganizmov oz. organizmov, ki povzročajo bolezni. Temu postopku običajno sledi sedimentacija oz. usedanje celic (Pires, 2015).

Flotacija<sup>14</sup> je proces, ki je obraten sedimentaciji oz. posedanju. Z dovajanjem plinskih mehurčkov v kulturo se celice mikroalg dvigajo na površje. Tehnika se pogosto izvaja po koagulaciji ali flokulaciji, njene glavne prednosti pa so v majhnih prostorskih zahtevah, hitremu poteku in majhnih stroških opreme (Pires, 2015).

## Sušenje alg

Sušenje je zadnji korak pri pridelovanju alg, ki pa znatno prispeva k stroškom celotne proizvodnje. Njegov namen je odstranjevanje vlage iz pridelka z uporabo različnih tehnik sušenja, med katere sodi npr. sušenje z razprševanjem in zamrzovanjem oz. liofilizacija<sup>15</sup>, ali

<sup>11</sup> Koagulacija pomeni izkosmičenje koloidnih snovi iz tekočine. Skoraj vse topne beljakovine koagulirajo pri segrevanju ali ob dodatku razredčene kisline (Strgar, 2002).

<sup>12</sup> Kosmičenje (flokulacija) je izločanje majhnih delcev iz koloidne raztopine ali prahu iz plina v obliki kosmičev (Amebis, 2016).

<sup>13</sup> Patogen organizem je zmožen povzročiti bolezen pri živali, rastlini ali mikroorganizmu (Likar, 1987).

<sup>14</sup> Flotacija je reverzibilna oblika fizikalne nestabilnosti, pri kateri se kapljice v emulziji ali delci v suspenziji zbirajo na površini, ker so lažji od disperznega medija (Amebis, 2016).

<sup>15</sup> Liofilizacija je postopek, ki se uporablja tudi za konzerviranje mikroorganizmov in drugih materialov (živil). Celice suspendiramo v ustreznem mediju in naglo zamrzujemo. Ustrezni mediji dovolijo amorfnost (nekristalinično) strditev med zamrzovanjem. Celice dehidriramo v vakuumu in voda preide iz tekočine v plinasto fazo (Likar, 1987).



izpostavljanjem pridelka sončnemu sevanju. Prednost sušenja s pomočjo sonca je v nižjih stroških proizvodnje in manjši porabi energije, vendar je v primeru visoke vlažnosti pridelka ta metoda manj učinkovita (Pires, 2015).



## Kaj zaužijemo s prehranskim dopolnilom?

Za identifikacijo alge, ki je sestavina prehranskega dopolnila, je treba navesti strokovno ime vrste. Samo ime roda alge, npr. *Fucus*, je preveč splošno, da bi nam bilo jasno, kaj pravzaprav zaužijemo s prehranskim dopolnilom. Potrošnik je na ta način v podobnem položaju, kot bi na jedilniku v restavraciji zapisali, da so za kosilo na voljo npr. kapusnice, latinsko imenovane *Brassica*. Ker ta rod zajema različne vrste rastlin, npr. navadno ogrščico, latinsko imenovano *Brassica napus*, pa tudi cvetačo in brokoli, latinsko imenovano *Brassica oleracea*, pravzaprav s tako zapisano ponudbo ne vemo, kaj bomo naročili. Da izberemo jed, ki nam ustreza, imamo kot kupec pravico vedeti, kaj točno je njena sestavina. V primeru alg v prehranskih dopolnilih to pomeni natančno poimenovanje vrste v latinščini, in, če je le mogoče, tudi slovenščini. Z uporabo latinskega in slovenskega poimenovanja vrste se namreč izognemo nesporazumom z nerodnimi prevodi.

Način gojenja alg ima znaten vpliv na vsebnost hranil, barvil in drugih snovi, zato se pri prehranskih dopolnilih z algami odpirajo številna vprašanja, npr.:

- ali so na izdelku navedene hranilne vrednosti povzete po podatkih iz znanstvene literature, in če je tako, iz katere,
- ali so na izdelku navedene hranilne vrednosti rezultat laboratorijskih analiz teh izdelkov,
- ali se uporabljajo pri vseh serijah isti viri in kakšna je variabilnost med njimi.

Variabilnost je še posebej pomembna, ko govorimo o vsebnosti mikrohranil, kot so npr. jod ali karotenoidi, saj je njihov vnos s prehranskimi dopolnili, kjer so sestavine koncentrirane, višji kot pri uživanju običajnih živil, kot je npr. suši. Prekomeren vnos teh mikrohranil je za uporabnika namreč lahko tvegan. Zato je pomembno, na kakšni podlagi so na deklaracijah navedene hranilne vrednosti oz. kateri viri so uporabljeni za te navedbe. K zagotavljanju kakovosti prehranskih dopolnil z algami zato bistveno prispeva spremljanje sestave

36



posameznih serij, ki se izkazuje z analiznimi certifikati izdelka.

Zaužite količine alg zaslužijo posebno pozornost. Sveže alge so namreč zaradi visoke vsebnosti vode precej bolj voluminozne (zavzemajo večji prostor) od posušenih, ki se praviloma uporabljajo v prehranskih dopolnilih. Pa tudi gostota posušenih alg lahko marsikoga preseneti. Tako npr. že omenjeni dnevni vnosi približno 10 g alg pri Japoncih lahko na videz pomenijo malo. Ko pa ne govorimo več o masi, temveč o volumnih prehranskih dopolnil, ugotovimo, da 20 tablet ne bomo zaužili tako zlahka kot npr. rezino črnega kruha, ki tehta približno 60 g. Zato se moramo zavedati, da so za zadosten vnos makrohranil (beljakovine, ogljikovi hidrati, maščobe) in prehranske vlaknine potrebne večgramske količine, kar pri 500 mg tabletah suhih alg brez tehnoloških polnil pomeni, mimogrede, celo pest teh tablet z enim vnosom. Obenem pa njihovo zaužitje pomeni tudi precejšen vnos mikrohranil, ki jih običajno uživamo tudi z drugo hrano. Na ta način zato lahko zlahka presežemo priporočene dnevne vnose, kar lahko vodi do zdravstvenih težav.

Različne metode pridobivanja alg vplivajo tudi na oceno in obvladovanje tveganj za zdravje uporabnikov zaradi uporabe posameznih prehranskih dopolnil. Tako ni vseeno, ali in katera topila se uporabljajo v različnih stopnjah procesa pridobivanja alg. Informacija o uporabljenih postopkih, topilih in drugih materialih za pridobivanje alg je sicer dobrodošla za vsako živilo, za prehranska dopolnila, v katerih so vse sestavine koncentrirane, pa še posebej.

Kakovostno in transparentno označevanje ovojnine prehranskih dopolnil in informiranje o uporabljenih algah in njihovih količinah je za informirano izbiro potrošnika zaradi vsega zgoraj naštetega tako pomembno.



## Viri

- Amebis d.o.o. 2016. Fran, slovarji Inštituta za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU. Inštitut za slovenski jezik ZRC SAZU. Pridobljeno s spletnega vira: <http://www.fran.si>, 4. 5. 2017.
- Batič F., Šircelj H., Turk B. 2004. Pregled rastlinskega sistema. Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo. Pridobljeno s spletnega vira: [http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/AGR\\_ZOO\\_VET\\_Pregled%20sistema\\_Skripta.pdf](http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/AGR_ZOO_VET_Pregled%20sistema_Skripta.pdf), 1. 5. 2017
- Bishop W. M., Zubeck H. M. 2012. Evaluation of Microalgae for use as Nutraceuticals and Nutritional Supplements. Journal of Nutrition & Food Sciences 2:147.
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Študentska založba, str. 469-472.
- Brown M.R., Mular M., Miller I., Trenerry C., Farmer C. 1999. The vitamin content of microalgae used in aquaculture. J. Appl. Phycol. 11, 247-255.
- Burtin P. 2003. Nutritional value of seaweeds. EJEAFChE, 2 (4).
- Chacon –Lee T. L., Gonzalez – Marino G.E. 2010. Microalgae for »Healthy« foods – Possibilities and Challenges. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9, 6: 655-675. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00132.x.
- Christaki E., Bonos E., Florou-Paneri P. 2015. Handbook of Marine Microalgae: Innovative Microalgae Pigments as Functional Ingredients in Nutrition (Chapter 14). Elsevier, p.233-241.
- Ciferri O. 1983. Spirulina the edible microorganism. Microbiological Reviews, 47(4): 551-578.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung; Österreichische Gesellschaft für Ernährung; Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (D-A-CH). 2015. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 2. Aufl., 1. Ausgabe. Neustadt an der Weinstrasse: Neuer Umschau Buchverlag.
- Diez R. 2015. The Difference between Chlorophyll A&B and Photosynthesis Overview.



Dyna-Gro University.

- Draaisma B. R., Wijffels H. R., Slegers PM. E., Brentner B. L., Roy A. in Barbosa J. M. 2013. Food commodities from microalgae. *Current opinion in biotechnology*, 24: 169-177 str. doi: 10.1016/j.copbio.2012.09.012
- Dutta A. C. 1979. *Botany for Degree Students*, fifth edition. Oxford University Press, p. 441-514.
- EFSA. 2006. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Pridobljeno s spletnega vira: [http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa\\_rep/blobserver\\_assets/ndatolera\\_bleuil.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolera_bleuil.pdf) 23. 6. 2017.
- EFSA. 2010. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to meso-zeaxanthin and maintenance of vision (ID 2096) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. Pridobljeno s spletnega vira: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2010.1483/epdf> 23. 6 . 2017.
- EFSA. 2011. Scientific Opinion on the re-evaluation of lutein preparations other than lutein with high concentrations of total saponified carotenoids at levels of at least 80%. Pridobljeno s spletnega vira: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2011.2144/epdf> 23. 6. 2017
- EFSA. 2012. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to lutein and maintenance of normal vision (ID 1603, 1604, further assessment) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. Pridobljeno s spletnega vira: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2012.2716/epdf> 23. 6 2017
- Enzing C., Ploeg M., Barbosa M., Sijtsma L. 2014. *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*. Luxembourg, Publications Office of the European Union. doi: 10.2791/3339
- Evropski parlament in Svet. 2000. Direktiva 2000/13/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 20. marca 2000 o približevanju zakonodaje držav članic o označevanju, predstavljanju in oglaševanju živil. Pridobljeno s spletnega vira: <http://eur->



[lex.europa.eu/eli/dir/2000/13/2013-07-01/slv/pdfa1a](http://lex.europa.eu/eli/dir/2000/13/2013-07-01/slv/pdfa1a) 23. 6. 2017

- Evropski parlament in Svet. 2002. Direktiva 2002/46/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 10. junija 2002 o približevanju zakonodaj držav članic o prehranskih dopolnilih. Pridobljeno s spletnega vira: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0046&from=SL>, 10. 5. 2017
- Gouveia L., Batista A.P., Sousa I., Raymundo A., Bandarra N.M. 2008. Microalgae in novel food products. In: Papadopoulos, K.N. (Ed.), Food Chemistry Research Developments. Nova Science Publishers Inc., Hauppauge, NY: 75-112 str.
- Guedes C. A., Sousa-Pinto I. In Malcata F. X. 2015. Handbook of Marine Microalgae: Application of microalgae protein to aquafeed. (Chapter 8). Elsevier, 93-119 str.
- Hopley D. 2011. Encyclopedia of Modern Coral Reefs: Structure, Form and Process. Springer: 30-38 str.
- Jensen A. 1993. Present and future needs for algae and algal products. Hydrobiologia 261: 15–23 str.
- Kovač D.J., Simeunović J.B., Babić O.B., Mišan A.Č., Milovanović I.L. 2013. Algae in food and feed. Food Feed Res. 40, 21-31.
- Likar M. 1987. Mikrobiologija. Leksikoni Cankarjeve založbe. Ljubljana, Cankarjeva založba: 390 str.
- McNeill J., ur. 2012. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code) adopted by the Eighteenth International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011. Pridobljeno s spletnega vira: <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php> 29. 6. 2017
- Nicoletti M. 2016. Microalgae Nutraceuticals. Foods 5, 54; doi: 10.3390
- P3 Professional. 2017. Pridobljeno s spletnega vira: [http://www.covirias.si/primerjava\\_laiki/primerjava.php](http://www.covirias.si/primerjava_laiki/primerjava.php), 10. 5. 2017
- Pires C. M. J. 2015. Handbook of Marine Microalgae: Mass Production of Microalgae (Chapter 5). Elsevier: 55-68 str. doi: 10.1016/B978-0-12-800776-1.00005-4
- Pravilnik o prehranskih dopolnilih. Ur. l. RS 66/2013. Pridobljeno s spletnega vira:





<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV11675>, 10. 5. 2017

- Priyadarshani I., Rath B. Commercial and industrial applications of micro algae – A review. 2012. J.Algal Biomass Utiln. 3 (4): 89-100.
- Radmer R. J. 1996. Algal Diversity and Commercial Algal Products. BioScience Vol. 46 No. 4.
- Resnik M. 2011. Encimska hidroliza celične stene mikroalge *Scenedesmus quadricauda*. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Enota medoddelčnega študija mikrobiologije.
- Segueineau C., Laschi-Loquerie A., Moal J., Samain J.F. 1996. Vitamin requirements in great scallop larvae. Aquacult. Int. 4, 315-324.
- Se-Kwon K. 2015. Handbook of Marine Microalgae. Elsevier Inc.
- Singh P., Kumar Gupta S., Guldhe A., Rawat Is., Bux F. 2015. Handbook of Marine Microalgae: Microalgae Isolation and Basic Culturing Techniques (Chapter 4). Elsevier: 43-54 str.
- Speer B. 1997. Photosynthetic Pigments. Pridobljeno s spletnega vira: <http://www.ucmp.berkeley.edu/glossary/gloss3/pigments.html>, 1. 5. 2017
- Strgar J. 2002. Biologija. Zbirka Tematski leksikoni. Tržič, Učila International: 489 str.
- Strgulc Krajšek S., Bačič M. 2016. Sistematska botanika: Praktikum pri predmetu Sistematska botanika za študente 2. letnika Pedagoške fakultete (vezavi BI-KE in BI-GO). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za biologijo.
- Štrus J., Kostanjšek R. 2008. Biologija živalske celice. Ljubljana, Študentska založba: 112 str.
- Viganì M., Parisi C., Rodriguez-Cerezo E., Barbosa J. M., Sijtsma L., Ploeg M., Enzig C. 2015. Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. Trends in Food Science & Technology, 42: 81-92. doi: 10.1016/j.tifs.2014.12.004
- Vonshak A. 1997. Spirulina Platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology. Taylor&Francis, p. 1-16.



- Wang C, Yatsuya H, Li Y, Ota A, Tamakoshi K, Fujino Y, Mikami H, Iso H, Tamakoshi A. 2016. Prospective study of seaweed consumption and thyroid cancer incidence in women: the Japan collaborative cohort study. *Eur J Cancer Prev* 25:239–245
- Wells L. M., Potin P., Craigie S. J., Raven A. J., Merchant S. S., Helliwell E. K., Smith G. A., Camire E. M. in Brawley H. S. 2016. Algae as nutritional and functional food source: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*. doi:10.1007/s10811-016-0974-5
- wikipedia.org. 2017. Pridobljeno s spletnega vira: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Prokarionti> 23. 6. 2017

