

# Chlorella - ljekovita zelena alga

---

**Maleš, Željani; Vilović, Tihana; Duka, Ivan; Mišković, Gjuro**

Source / Izvornik: **Farmaceutski glasnik, 2019, 75, 713 - 721**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:163:732121>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Pharmacy and Biochemistry University of Zagreb](#)



## Chlorella – ljekovita zelena alga

ŽELJAN MALEŠ<sup>1</sup>, TIHANA VILOVIĆ<sup>1</sup>, IVAN DUKA<sup>1</sup>,  
GJURO MIŠKOVIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijski fakultet,  
Zavod za farmaceutsku botaniku, Schrottova 39, 10 000 Zagreb

<sup>2</sup>Tonus Relaxo d.o.o., Stubička 33, 10 000 Zagreb

### Uvod

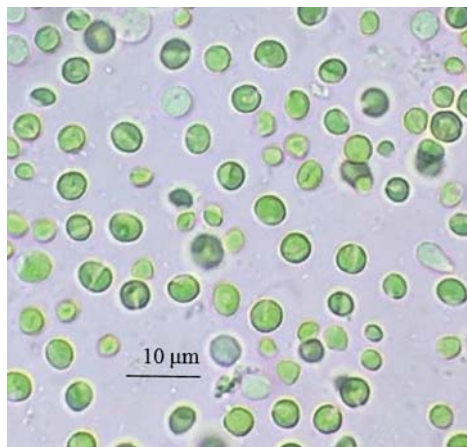
Rod *Chlorella* posljednjih desetljeća poprima sve veći interes sa znanstvenog ali i komercijalnog gledišta. Pri istraživanju reakcija fotosinteze, Otto Warburg je kao modelni organizam koristio upravo ovu jednostaničnu zelenu algu te je stoga 1931. godine bio nagrađen Nobelovom nagradom. Vrste roda *Chlorella* su zaslužne i za otkriće reakcija fotosinteze u tami, poznatih kao Calvinov ciklus, za što je 1961. godine Melvin Calvin također dobio Nobelovu nagradu. S obzirom na njezin jednostavan stanični ciklus, visoki stupanj rasta te fotosintetske i metaboličke puteve koji su slični višim biljkama, ona se i danas često koristi kao modelni organizam u istraživanjima (1–3). Danas su vrste roda *Chlorella* poznate kao najčešće uzgajane alge, s vrlo širokim spektrom upotrebe koji se proteže od zdrave hrane i dodataka prehrani kod ljudi i životinja, preko farmaceutske i kozmetičke industrije, sve do obećavajuće sirovine za proizvodnju biogoriva (3), za pročišćavanje otpadnih voda, pa čak i kao potencijalne bio-reatore za proizvodnju rekombinantnih proteina (4).

### Biologija roda *Chlorella*

*Chlorella* Beyerinck (grč. *chloros* = zelen) je rod zelenih algi iz razreda Trebouxiophyceae kojeg čine sitni, nepokretni, jednostanični organizmi kuglastog (koko- idnog) oblika. U skupinu tako naizgled jednostavno građenih organizama, nalik na zelene loptice, upleli su se i drugi, slično građeni organizmi, no posljednjih je godina suvremenim molekularnim tehnikama otkriveno da je rod *Chlorella* sastavljen od više evolucijski odvojenih linija, stoga su neke vrste preimenovane u druge rodove. Preostale vrste svrstane kao rod *Chlorella* uključuju četiri vrste: *C.*

*vulgaris* Beyerinck (slika 1.), *C. lophophora* V. M. Andreyeva, *C. sorokiniana* Shihira & R.W. Krauss i *C. kessleri* Fott & Nováková (5). Sastav šećera u matriksu krute stanične stijenke specifičan je za pojedine vrste roda *Chlorella* (6). Tipična vrsta ovog roda je vrsta *C. vulgaris*, a budući da je to vrlo varijabilna vrsta, literaturni podaci se moraju koristiti s oprezom, imajući na umu da se taj naziv vrlo često pridavao bilo kojim kuglastim zelenim algama (7). Rod *Chlorella* Beijerinck čine kuglaste, jajolike ili elipsodne stanice koje žive samostalno ili rjeđe u skupinama.

Stanice obavlja stanična stijenka izgrađena od glukozamina, a unutar stanice nalazi se jedan kloroplast vrčastog ili tanjurastog oblika, obično s pirenoidom okruženim škrobnim zrcima. To su kozmopolitski, široko rasprostranjeni organizmi, slobodnoživući u slatkim i slanim vodama, u tlu i na površini vlažnih podloga. Također žive i kao endosimbionti (unutar tijela) pojedinih praživotinja (npr. *Paramecium bursaria*) te nekih slatkovodnih beskralješnjaka (npr. *Hydra viridis*), tvore simbiotske odnose s gljivama mješinarčkama unutar lišaja te su i epifiti na kori drveća. Razmnožavaju se nespolno, proizvodeći autospore (7).



Slika 1. ► Vrsta *C. vulgaris* promatrana svjetlosnim mikroskopom (8)

### Kemijski sastav

U kemijskom sastavu roda *Chlorella* osobit značaj imaju proteini čiji je sadržaj različit ovisno o vrsti i soju, a najviši je zabilježen kod vrste *C. vulgaris* gdje proteini čine čak od 42 do 58 % biomase suhe tvari, ovisno o uvjetima rasta (9, 10). Važno je istaknuti da je sastav aminokiselina sličan onom kojeg su za ljudsku prehranu predložile Svjetska zdravstvena organizacija te Organizacija za prehranu i poljoprivredu, budući da sadrži esencijalne i neesencijalne aminokiseline, a pritom pokrivajući sve esencijalne. S obzirom na to da ekstrahirani proteini pokazuju izvrsnu sposobnost emulgiranja, sa stabilnošću od gotovo 80 %, to joj pruža dodatne mogućnosti upotrebe na tržištu (10). Ostale, vrlo važne sastavnice su lipidi koji čine od 12 do 15 %, polisaharidi (10–15 %), karotenoidi, vitamini i minerali koji pridonose visokoj hranjivoj vrijednosti ove mikroalge (3). Kod nekih vrsta sadržaj lipida u stresnim uvjetima (primjerice pri nedostatku dušika) može doseći i 66 %, što ima svoju primjenu pri proizvodnji biodizela.

Karotenoidi prisutni u većini vrsta roda *Chlorella* uključuju  $\alpha$ - i  $\beta$ -karotene, lutein, zeaksantin, violaksantin, neoksantin, a neke vrste sadrže i kantaksantin te astaksantin. Zbog njihovog snažnog antioksidacijskog učinka, dobrobiti na ljudsko zdravlje te zbog upotrebe kao bojila, karotenoidi imaju važnu primjenu u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, stoga bi se pojedine vrste roda *Chlorella* mogle upotrebljavati za proizvodnju luteina i astaksantina (4). U preparatima koji sadržavaju vrstu *C. vulgaris* pronađeni su: *p*-hidroksibenzojeva kiselina, *p*-kumarna kiselina, cimetna kiselina, kemferol 7-ramnozid, epigalokatehin galat i apigenin (11). Vrsta *C. vulgaris* obiluje i makroelementima kao što su fosfor, natrij, kalij, kalcij, magnezij te sadržava i mikroelemente – željezo, cink i mangan (12). Klorofil je također važna sastavnica ove zelene alge, koja može činiti od 1–2 % suhe tvari, pritom osiguravajući značajnu količinu magnezija, premda je prema rezultatima jednog istraživanja, na temelju pokusa s umjetnim probavnim sokovima, sadržaj željeza, cinka i magnezija nedostatan nadomjestak tih elemenata u ljudskom tijelu (11). Od vitamina, utvrđena je prisutnost metilkobalamina, biološki aktivnog oblika vitamina B12 (jednog od najvažnijih bioelementa u metaboličkim procesima kod ljudi), što uz ostali bogati sastav značajno pridonosi hranjivoj vrijednosti ove alge, te može biti dobar izvor tog vitamina bez životinjskog podrijetla (13).

### **Chlorella u ljudskoj prehrani**

Moguća komercijalna upotreba ove mikroalge primijećena je kada se uočilo da u jednom danu *Chlorella* može povećati vlastitu biomasu za čak nekoliko puta, te da u suhoj tvari može sadržavati čak i preko 50 % proteina. Prva istraživanja njezine primjene pokrenuta su 1940-ih godina u Njemačkoj, a potom su razvijene i tehnike za kontinuirani uzgoj. Početkom 1950-ih godina otkriveno je da *Chlorella* može mijenjati sadržaj lipida i proteina ovisno o promjenama okolišnih uvjeta, što je bilo značajno otkriće koje je potaknulo niz daljnjih istraživanja ovog roda algi. Godine 1957. u Japanu je započeo masovni uzgoj na otvorenom u svrhu proizvodnje i prodaje (14). Zbog visoke hranjive vrijednosti i brojnih dobrobiti za ljudski organizam danas su na svjetskom tržištu dostupni razni pripravci na bazi algi, a među njima i oni vrste *C. vulgaris*, koju je moguće nabaviti u obliku tableta, kapsula, praha i vodenih suspenzija te ostalih proizvoda poput ekstrakata topivih u vodi, oparka, pa čak i rezanaca. Japan i Kina su danas vodeće zemlje u proizvodnji takvih pripravaka (4). Treba znati da je stanica ove zelene alge ograđena i zaštićena staničnom stijenkom koju je potrebno razgraditi tijekom procesa sušenja kako bi hranjive tvari uopće postale dostupne za apsorpciju u ljudskom tijelu (15). Za slabljenje ili razaranje stanične stijenke koriste se razne

kemijske, fizičke i biološke metode, samostalno ili u kombinaciji, kako bi se omogućio pristup sadržaju, odnosno hranjivim tvarima iz unutrašnjosti stanice (16).

### Učinak na imunološki sustav

*Chlorella* može pomoći i kod menstrualnih bolova, što je pokazalo istraživanje na 44 žene s primarnom dismenorejom koje su koristile 15 g dnevno tijekom 4 tjedna. Utvrđeno je da pomaže pri ublažavanju intenziteta i trajanja boli te pritom smanjuje razinu prostaglandina u serumu te upalnih i oksidacijskih parametara kod žena s primarnom dismenorejom (17). Potencijalne imunostimulacijske učinke vrsta roda *Chlorella* pokazala su brojna *in vitro* te *in vivo* istraživanja na miševima i ljudima. Na skupini od 60 zdravih dobrovoljaca provedeno je randomizirano istraživanje učinka ekstrakta vrste *C. vulgaris*, od kojih je 30 ispitanika tijekom 8 tjedana svakodnevno uzimalo 5 g ekstrakta u obliku tableta, a drugih 30 je uzimalo placebo koji je sadržavao laktozu. Kod ispitanika koji su uzimali *Chlorella* tablete ustanovljen je porast aktivnosti stanica ubojica i povišenje koncentracije gama interferona te interleukina 12 i 1- $\beta$ , čime je kliničkim istraživanjem dokazan pozitivan imunostimulacijski učinak (18). Učinak vrste *C. pyrenoidosa* na imunološki odgovor kod ljudi također je klinički ispitan. Jedno istraživanje iznosi pozitivan učinak te vrste na izlučivanje imunoglobulina A pri razdoblju intenzivnih treninga, kada je moguća pojava slabljenja funkcije u imunološkom sustavu (19), dok je drugim istraživanjem ispitan učinak primjene iste vrste nakon primjene cjepiva protiv gripe te je utvrđeno da korišteni dodatak prehrani nije utjecao na opće povećanje odgovora antitijela na cjepivo, premda je povećanje zabilježeno u skupini ispitanika između 50 i 55 godina (20). Neka istraživanja, koje je još potrebno potvrditi kliničkim istraživanjima, spominju mogući antialergijski učinak (21), te snažan protuupalni odgovor poticanjem na izlučivanje regulatornih citokina (22) upotrebom ekstrakata vrste *C. pyrenoidosa*.

### Učinak na živčani sustav

Dostupni su klinički dokazi o povoljnom djelovanju ekstrakta vrste *C. vulgaris* kao dodatne terapije pacijenata koji pate od depresije i tjeskobe, a koji već primaju antidepresivnu terapiju. Nastanak brojnih poremećaja povezan je sa stanjem oksidacijskog stresa u organizmu jer je staničje mozga osobito osjetljivo na štetu nastalu djelovanjem slobodnih radikala, stoga uzimanje antioksidansa, kojima obiluje ekstrakt vrste *C. vulgaris*, dovodi do poboljšanja fizičkih i spoznajnih znakova koji inače prate takve poremećaje živčanog sustava (23). Dokazano je i

da vrsta *C. vulgaris* smanjuje utjecaj stresa na os hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda, smanjuje ekspresiju c-Fos gena i odgovor adrenokortikotropnog hormona kod miševa koji su kao predtretman primali ekstrakt vrste *C. vulgaris*, a potom su bili prisiljeni plivati (24).

Ekstrakti vrsta *C. sorokiniana* i *C. minutissima* u jednom su istraživanju pokazali potencijalni učinak na sposobnost moduliranja važnih posrednika uključenih u nastanak Alzheimerove bolesti. Lipofilni i etanolni ekstrakti su se pokazali učinkoviti u hvatanju radikala, keliranju metala i inhibiciji kolinesteraze što upućuje na moguću primjenu kao antioksidansa i inhibitora kolinesteraze, a etanolni ekstrakti vrsta *C. sorokiniana* i *C. minutissima* pokazali su sposobnost sprečavanja nastajanja te sposobnost poticanja raspada patogenih amiloid- $\beta$  proteina, što ukazuje na njihovu moguću upotrebu kao sredstava za zaštitu živčanog sustava, premda je još potrebno odrediti kemijske sastavnice ekstrakata (25).

### Učinak na metabolizam

Pozitivan učinak vrste *C. vulgaris* na metabolički sustav potvrđen je brojnim kliničkim istraživanjima. Istraživanjem na skupini od 70 pacijenata koji boluju od nealkoholne masne bolesti jetre, a koji su 8 tjedana uzimali 1,2 g biomase vrste roda *Chlorella*, utvrđeno je da se može koristiti kao dodatna terapija u smanjenju tjelesne mase te poboljšanju glikemijskog statusa, a osim toga i za poboljšanje funkcije jetre u pacijenata s ovom bolešću (26). Istraživanjem u kojem je sudjelovalo 17 vegana ili vegetarijanaca, a koji su patili od nedostatka vitamina B12, utvrđen je porast istog vitamina u serumu, nakon što su 60 dana svakodnevno rabili 9 g vrste *C. pyrenoidosa*. Takav rezultat potvrđuje biodostupnost vitamina B12 te upućuje na to da se vrsta roda *Chlorella* može smatrati prirodnim nadomjestkom tog važnog vitamina za ljudsko tijelo (27). Pokusima na štakorima utvrđeno je da primjena vrste *C. vulgaris* može smanjiti crijevnu apsorpciju suvišnog kolesterola iz prehrane i poboljšati izlučivanje lipida izmetom. Zahvaljujući mijenjanju metabolizma lipida i njihovog povećanog izlučivanja izmetom, vrsta roda *Chlorella* bi mogla biti učinkovita u regulaciji dislipidemije (28).

Provedeno je i istraživanje učinka vrste *C. vulgaris* kao dodatka prehrani na održavanje zdrave razine koncentracije kolesterola u serumu pri primjeni jela bogatih kolesterolom. U dvostruko slijepom istraživanju, 17 je ispitanika svakodnevno, kroz 4 tjedna, uzimalo ukupno 5 g tableta s biomasom vrste roda *Chlorella* i 3 jaja kao izvor kolesterola, a drugih 17 uzimalo je placebo. Kod skupine koja je koristila biomasu primijećeno je statistički značajno suzbijanje povećanja TC (engl. *total cholesterol*) i LDL-C (engl. *low density lipoprotein cholesterol*), ali i ubrzano povećanje HDL-C (engl. *high density lipoprotein cholesterol*)

bez statističkog značaja, u odnosu na skupinu koja je uzimala placebo. Time je dokazano da biomasa vrste roda *Chlorella* ima pozitivan učinak na održavanje lipidnog profila (29). U drugom istraživanju, ispitivanjem učinka svakodnevne primjene 5 g tableta s biomasom vrste roda *Chlorella* kroz 6 tjedana, kod 63 osobe koje su imale umjereno povišen ukupni kolesterol utvrđene su značajne promjene vrijednosti ukupnog kolesterola, triglicerida, omjera luteina i zeaksantina te  $\alpha$ -karotena. Poboljšanje sastava lipida u serumu te smanjena apsorpcija lipida u crijevima rezultat je potrošnje karotenoida kojima rod *Chlorella* obiluje. Stoga je ovim istraživanjem potvrđen pozitivan učinak kod osoba s umjerenom hiperkolesterolemijom, te se smatra da bi se biomasa vrste roda *Chlorella* mogla koristiti kao dodatak prehrani (30). Poznato je da su pigmenti lutein i zeaksantin prisutni u žutoj pjegi (makuli) u oku čovjeka te da štite mrežnicu od štetnih učinaka prouzrokovanih svjetlošću. Zaštitni učinak navedenih karotenoida može oslabiti starenjem te dovesti do nastanka bolesti zvane degeneracija makule. Budući da su u potpunosti podrijetlom iz prehrambenih izvora, gustoća tih pigmentata u oku može se povisiti povećanim unosom kroz prehranu (31). Na tom tragu, zbog sadržaja luteina i zeaksantina, upotreba vrsta roda *Chlorella* u prehrani mogla bi imati pozitivan učinak kod navedene bolesti, no takav učinak potrebno je tek ispitati.

## Zaključak

Vrste roda *Chlorella* pružaju vrlo široke mogućnosti primjene na više načina, među kojima je posebno poznata njihova upotreba kao dodatka prehrani u ljudi. Suvremeni čovjek u potrazi za »superhranom« često poseže za pripravcima na bazi ove zelene alge, koja je našla svoje mjesto i u ljekarnama. Brojna istraživanja na ljudima potvrdila su pozitivne učinke primjene na imunološki sustav, živčani sustav te na metabolizam. Vrijedno je istaknuti povoljan sastav aminokiselina te bioraspoloživi oblik vitamina B12, što ovaj dodatak prehrani čini dobrim nadomjestkom kod ljudi koji ne jedu meso, te pozitivno djelovanje kod brojnih poremećaja povezanih sa stanjem oksidacijskog stresa u organizmu, s obzirom na visoki udio karotenoida koji imaju antioksidativni učinak. No, budući da se radi o mikroalgi sa čvrstom staničnom stijenkom koju je potrebno razgraditi kako bi hranjive tvari uopće postale dostupne za apsorpciju u ljudskom tijelu, pri uvođenju takvih dodataka u prehranu potrebna je doza opreza te provjera aktivnih sastavnica koje pojedini proizvođači navode.

10  
2019

## *Chlorella* – medicinal green alga

Ž. Maleš, T. Vilović, I. Duka, Gj. Mišković

**Abstract** *Chlorella* is a genus of unicellular, coccoidal green alga which is known as widely distributed organism in freshwater and marine environment. Nowadays, it is also cultivated worldwide, regarding the numerous possibilities of its application, such as dietary supplement, in pharmaceutical industry, in biofuel production and in wastewater remediation. High nutritive value arises from its content, rich in proteins (up to 50 %), lipids, polysaccharides, carotenoids, vitamins and minerals. This article reveals a few positive impacts on use of *Chlorella* dietary supplements, based on the great number of human, animal and *in vitro* models on the immune system, nervous system and metabolism of human body.

### Literatura – References

1. Nickelsen K. Otto Warburg's first approach to photosynthesis. *Photosynth Res.* 2007; 92:109–120.
2. Melvin Calvin; <https://www.britannica.com/biography/Melvin-Calvin>, datum pristupa: 19.5.2019.
3. Masojídek J, Torzillo G. Mass Cultivation of Freshwater Microalgae. In *Encyclopedia of Ecology*, London: Elsevier Science, 2008.
4. Liu J, Chen F. Biology and Industrial Applications of *Chlorella*: Advances and Prospects. *Adv Biochem Eng Biotechnol.* 2014; 10:1–35.
5. Graham JE, Wilcox LW, Graham LE. *Algae*. San Francisco: Benjamin Cummings, 2009.
6. Takeda H. Chemical Composition of Cell Walls as a Taxonomical Marker. *J Plant Res.* 1993; 106:195–200.
7. John DM, Brook AJ, Whitton BA. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
8. Cultivation of Green Microalga, *Chlorella vulgaris* for Biogas Purification; [https://www.researchgate.net/publication/300505269\\_Cultivation\\_of\\_Green\\_Microalga\\_Chlorella\\_vulgaris\\_for\\_Biogas\\_Purification](https://www.researchgate.net/publication/300505269_Cultivation_of_Green_Microalga_Chlorella_vulgaris_for_Biogas_Purification), datum pristupa: 24.5.2019.
9. Barka A, Blecker C. Microalgae as a potential source of single-cell proteins. A review. *Biotechnol Agron Soc Environ.* 2016; 20:427–436.



10. Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier PY, Vaca-Garcia. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Energ Rev*. 2014; 35:265–278.
11. Muszyńska B, Krakowska A, Lazur J, Jękot B, Zimmer L, Szewczyk A, Sułkowska-Ziaja K, Poleszak E, Opoka W. Bioaccessibility of phenolic compounds, lutein, and bioelements of preparations containing *Chlorella vulgaris* in artificial digestive juices. *J Appl Phycol*. 2018; 30:1629–1640.
12. Radhakrishnan S, Bhavan PS, Seenivasan C, Muralisankar T. Nutritional Profile of *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris* and *Azolla pinnata* to Novel Protein Source for Aquaculture Feed Formulation. *Austin J Aquac Mar Biol*. 2017; 2:1005.
13. Kumudha A, Selvakumar S, Dilshad P, Vaidyanathan G, Thakur MS, Sarada R. Methylcobalamin – A form of vitamin B12 identified and characterised in *Chlorella vulgaris*. *Food Chem*. 2015; 170:316–320.
14. Vonshak A. *Spirulina platensis (Arthrospira)*: Physiology, cell-biology and biotechnology. London: Taylor & Francis Ltd, 1997.
15. Henrikson R. *Microalga Spirulina: Superfood of the future*. Barcelona: Editions S.A. Urano, 1994.
16. Kim DY, Vijayan D, Praveenkumar R, Han JI, Lee K, Park JY, Chang WS, Lee JS, Oh YK. Cell-wall disruption and lipid/astaxanthin extraction from microalgae: *Chlorella* and *Haematococcus*. *Bioresour Technol*. 2016; 199:300–310.
17. Haidari F, Homayouni F, Helli B, Haghhighizadeh MH, Farahmandpour F. Effect of chlorella supplementation on systematic symptoms and serum levels of prostaglandins, inflammatory and oxidative markers in women with primary dysmenorrhea. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2018; 229:185–189.
18. Kwak JH, Baek SH, Woo Y, Han JK, Kim BG, Kim OY, Lee JH. Beneficial immunostimulatory effect of short-term *Chlorella* supplementation: enhancement of Natural Killer cell activity and early inflammatory response (Randomized, double-blinded, placebo-controlled trial). *Nutr J*. 2012; 11:53.
19. Chidley C, Davison G. The effect of *Chlorella pyrenoidosa* supplementation on immune responses to 2 days of intensified training. *Eur J Nutr*. 2018; 57:2529–2536.
20. Halperin SA, Smith B, Nolan C, Shay J, Kralovec J. Safety and immunoenhancing effect of a *Chlorella*-derived dietary supplement in healthy adults undergoing influenza vaccination: randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Can Med Assoc J*. 2003; 169:111–117.
21. Kralovec JA, Power MR, Liu F, Maydanski E, Ewart HS, Watson LV, Barrow CJ, Lin TJ. An aqueous *Chlorella* extract inhibits IL-5 production by mast cells in vitro and reduces ovalbumin-induced eosinophil infiltration in the airway in mice in vivo. *Int Immunopharmacol*. 2005; 5: 689–98.
22. Ewart HS, Bloch O, Girouard GS, Kralovec J, Barrow CJ, Ben-Yehudah G, Suárez ER, Rapoport MJ. Stimulation of cytokine production in human peripheral blood mononuclear cells by an aqueous *Chlorella* extract. *Planta Med*. 2007; 73:762–768.

23. Panahia Y, Badelib R, Karamic GR, Badelid Z, Sahebkar A. A randomized controlled trial of 6-week *Chlorella vulgaris* supplementation in patients with major depressive disorder. *Complement Ther Med*. 2015; 23:598–602.
24. Queiroz JS, Blasco IM, Gagliano H, Daviu N, Gómez Román A, Belda X, Carrasco J, Rocha MC, Palermo Neto J, Armario A. *Chlorella vulgaris* reduces the impact of stress on hypothalamic-pituitary-adrenal axis and brain c-fos expression. *Psychoneuroendocrinology*. 2016; 65:1–8.
25. Olasehinde TA, Odadjare EC, Mabinya LV, Olaniran AO, Okoh AI. *Chlorella sorokiniana* and *Chlorella minutissima* exhibits antioxidant potentials, inhibits cholinesterases and modulates dis-aggregation of  $\beta$ -amyloid fibrils. *Electron J Biotechnol*. 2019; 40:1–9.
26. Ebrahimi-Mameghani M, Sadeghi Z, Abbasalizad Farhangi M, Vaghef-Mehrabany E, Aliashrafi S. Glucose homeostasis, insulin resistance and inflammatory biomarkers in patients with non-alcoholic fatty liver disease: Beneficial effects of supplementation with microalgae *Chlorella vulgaris*: A double-blind placebo-controlled randomized clinical trial. *Clin Nutr*. 2017; 36:1001–1006.
27. Merchant RE, Phillips TW, Udani J. Nutritional Supplementation with *Chlorella pyrenoidosa* Lowers Serum Methylmalonic Acid in Vegans and Vegetarians with a Suspected Vitamin B<sub>12</sub> Deficiency. *J Med Food*. 2015; 18:1357–1362.
28. Lee HS, Park HJ, Kim MK. Effect of *Chlorella vulgaris* on lipid metabolism in Wistar rats fed high fat diet. *Nutr Res Pract*. 2008; 2:204–210.
29. Ryu NH, Lim Y, Park JE, Kim J, Kim JY, Kwon SW1, Kwon O. Impact of daily *Chlorella* consumption on serum lipid and carotenoid profiles in mildly hypercholesterolemic adults: a double-blinded, randomized, placebo-controlled study. *Nutr J*. 2014; 13:57.
30. Kim S, Kim J, Lim Y, Kim YJ, Kim JY, Kwon O. A dietary cholesterol challenge study to assess *Chlorella* supplementation in maintaining healthy lipid levels in adults: a double-blinded, randomized, placebo controlled study. *Nutr J*. 2016; 15:54.
31. Beatty S, Boulton M, Henson D, Koh H-H, Murray I J. Macular pigment and age related macular degeneration. *J Ophthalmol* 1999; 83:867–877.

*Primljeno 25. svibnja 2019.*