



# Priroda

HRVATSKO PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO (OSNOVANO 1885.)

Mjesečnik za  
popularizaciju  
prirodnih znanosti

ISSN 0351-0662

Godina 107., Broj 1055

1-2/17.

25 KUNA

Priroda izlazi od 1911. godine



# Mikroalge

## »ZELENA REVOLUCIJA« U PROIZVODNJI ENERGIJE I SIROVINA?

**Mikroalge su mikroorganizmi koji su osnovica hranidbenih mreža u slatkovodnim i morskim ekosustavima te su, uz kopnene biljke, zaslužni za čak polovicu ukupne količine kisika proizvedenog na Zemlji. Osim što proizvode organsku tvar i kisik ove fascinantne jednostanične organizme možemo koristiti u različite biotehnoške svrhe. U ovom članku doc. dr. sc. Sunčica Bosak s Botaničkog zavoda Biološkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu govori o nekim primjenama mikroalgi i pokazuje potencijal koji ti mikroorganizmi imaju u prehrambenoj, farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji.**

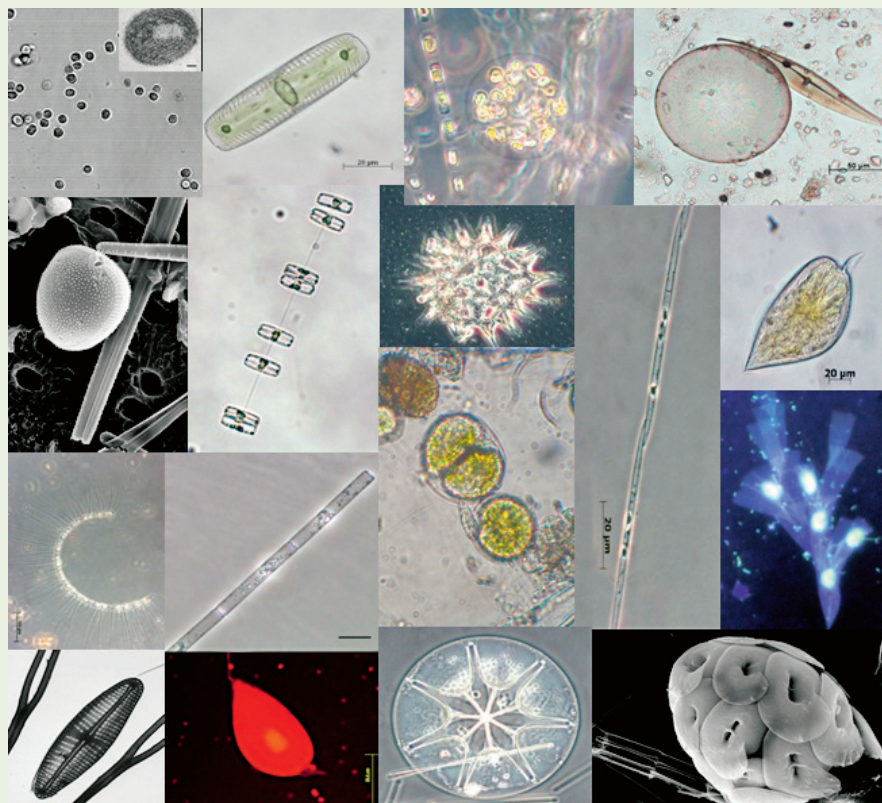
Sunčica BOSAK, Zagreb

### Što su mikroalge i gdje ih nalazimo?

Mikroalge su jednostanični organizmi koji za rast i razmnožavanje koriste energiju Sunca u procesu fotosinteze. Fotosintezom se iz vode, ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) i pomoću Sunčeve energije stvara šećer (organska tvar) i otpušta kisik. Dakle, fotosinteza je proces kojeg ne obavljaju samo biljke, već i organizmi iz skupine protista te bakterije. Kad govorimo o mikroalga, taj pojam obuhvaća dvije potpuno različite skupine organizama s obzirom na njihovu staničnu građu i fiziologiju: cijanobakterije i fotosintetske protiste. Zajedničko im je da su

vidljivi isključivo pomoću mikroskopa. Cijanobakterije su prokariotski organizmi jednostavnije građenih stanica koje ne posjeduju jezgru niti stanične organele, te obavljaju fotosintezu na tilakoidnim membranama koje su pravilno raspoređene po citoplazmi. U skupinu protista ubrajamo međusobno vrlo različite eukariotske jednostanične organizme koji posjeduju jezgru i stanične organele među kojima su kloroplasti u kojima se odvija proces fotosinteze. Kod cijanobakterija i eukariotskih mikroalgi glavni fotosintetski pigment je klorofil koji služi za apsorpciju Sunčeve energije. Međutim, cijanobakterije sadrže i dodatne pigmente koji im daju karakterističnu plavozelenu obojenost: fikobiline (fikoeritrin – crvena boja, fikocijanin i alofikocijanin – plava boja). Sve mikroalge sadržavaju još i zaštitne pigmente, kao što su fukoksantin, astaksantin, violaksantin, aloksantin, lutein i mnoge druge, čija prisutnost ovisi o vrsti mikroalge.

Mikroalge možemo pronaći u svim staništima na Zemlji gdje god ima dovoljno svjetlosti i vode za njihov život, a kako su one vrlo prilagodljivi organizmi, to znači gotovo u svim vodenim ekosustavima. Nastanjuju slatke vode poput jezera, bara, potoka, rijeka te su iznimno brojne u otvorenim i obalnim vodama svih mora i oceana. Također, uspješno su se prilagodile životu u ekstremnim staništima poput vrućih vulkanskih izvora, ekstremno slanah ili lužnatih jezera, te iznimno niskim temperaturama pa ih možemo naći i u permafrostu, snijegu i ledu. Osim široke rasprostranjenosti, mikroalge odlikuje i iznimno



**Slika 1.** Raznolikost vrsta i oblika jednostaničnih mikroalgi: cijanobakterije, dinoflagelati, dijatomeje, zelene alge, haptofiti, krizoficeje

velika biološka raznolikost (sl. 1.). Cijanobakterije su se pojavile u Zemljinoj prošlosti prije više od dvije milijarde godina te danas na Zemlji obitava između 2000 i 6000 različitih vrsta koje dijelimo u pet glavnih skupina. Za razliku od cijanobakterija, eukariotske mikroalge su ekstremno taksonomski heterogena skupina koja se odlikuje iznimnom raznolikošću oblika i funkcionalnosti stanica. Obuhvaća velik broj vrsta koji se procjenjuje na više od 200.000 a trenutačno je samo manji broj, oko 40.000, opisan u literaturi.

## Čemu nam mikroalge koriste?

Mikroalge brojnošću dominiraju kao primarni proizvođači u svim oceanima i morima na Zemlji gdje čine temelj hranidbenih mreža stvarajući organsku tvar za sve ostale organizme. S obzirom na to da morski ekosustavi čine 71 % Zemljine površine, a upravo su mikroalge najbrojniji fotosintetski organizmi u tim staništima, procjenjuje se da su zaslužne za oko 50 % svjetske primarne proizvodnje. Drugim riječima, mikroalge stvaraju procesom fotosinteze oko polovicu kisika koji je prisutan u atmosferi te im danas možemo zahvaliti za naš svaki drugi udah. No, ne smijemo im biti zahvalni samo za ono što čine danas, već i za sve što su napravile u davnoj geološkoj prošlosti. Cijanobakterije su prvi organizmi koji su počeli proizvoditi ki-

sik čime su zaslužne za oblikovanje oksidativne atmosfere na Zemlji te time omogućile evoluciju života na našem planetu. Osim što su proizvodile kisik, mikroalge su proizvodile i organsku tvar te je velik dio današnjih zaliha fosilnih goriva (nafta i plina) porijeklom od upravo mikroalgi koje su obitavale u oceanima u doba Krede. Danas se više od 70 % svjetske potrošnje energije zasniva upravo na tim izvorima fosilnih goriva kao što su nafta, plin i ugljen. Međutim, ta goriva pripadaju neobnovljivim izvorima energije što znači da je njihova količina ograničena. Kad ih jednoga dana iscrpimo, ostajemo bez njih jer je potrebno dugo vremensko razdoblje i specifični geološki uvjeti da bi ona opet nastala iz biljnog i životinjskog organskog materijala. Osim toga, izgaranjem fosilnih goriva dolazi do oslobađanja štetnih stakleničkih plinova u atmosferu što pridonosi učinku staklenika i općenito utječe na globalne klimatske promjene.

## Alge – biogoriva treće generacije

Već dugi niz godina ljudska tehnologija teži i sve se u većoj mjeri prilagođava korištenju obnovljivih izvora energije. U prvom redu to su Sunce, vjetar i geotermalna energija. Međutim, kao izvor energije, ljudi mogu iskorištavati i obnovljivu energiju iz biomase. Pod biomasom se podrazumijeva sva organska tvar koja je porijeklom od biljnih i životinjskih organizama, kao što su usjevi, drvo, piljevina, životinjski ostaci iz industrije. Energija biomase u pravilu se oslobađa paljenjem (oksidacijom) organske tvari, te je jedan od tradicionalnih načina korištenja biomase upravo paljenje vatre, npr. korištenje drva u loživim pećima. Međutim, razvoj tehnologije omogućio je i učinkovitije iskorištavanje biomase te se njezinom preradom dobivaju biogoriva koja se mogu koristiti u kućanstvima i u transportnim sredstvima umjesto fosilnih goriva. Kako se biogoriva dobivaju iz različitih izvora i različitim tehnološkim procesima, tako razlikujemo nekoliko kategorija: (i) biogoriva prve generacije u koja spada biodizel, biopljin i bioetanol, (ii) biogoriva druge generacije što su celulozni etanol, biometanol, HTU dizel, drveni plin koja se dobivaju iz otpadnih proizvoda iz poljoprivrede i šumarstva i (iii) biogoriva treće generacije kojima pripadaju biogoriva dobivena preradom algi. Biogoriva prve generacije kao što su biodizel i bioetanol dobivaju se od biljaka koje u sebi sadržavaju znatan udjel ulja (uljana repica, soja) ili šećera (šećerna trska, kukuruz). Bioetanol i biodizel izgaranjem oslobađaju

manje stakleničkih plinova od benzina i klasičnog dizelskog goriva pa time imaju smanjen negativni utjecaj na atmosferu. Danas se najviše bioetanol proizvodi iz šećerne trske u zemljama Južne Amerike te biodizela iz soje i uljane repice u Sjedinjenim Američkim Državama te se ta goriva učestalo koriste u prijevoznim sredstvima. Međutim, biogoriva prve generacije daleko su od idealnog energetskog rješenja jer su povezana s velikim brojem negativnih čimbenika. Na primjer, ako se na poljoprivrednim površinama uzgajaju usjevi kao što su kukuruz i uljana repica te se koriste isključivo za proizvodnju biogoriva a ne za ljudsku prehranu, to znači smanjenu proizvodnju hrane za rastuću ljudsku populaciju. Također, za uspješan uzgoj usjeva troše se velike količine pesticida, herbicida i gnojiva što znatno onečišćuje okolno tlo i vodu te ima vrlo štetne posljedice na bioraznolikost i općenito na ekosustav. Biogoriva druge generacije smatraju se manje štetnima jer se za njihovo dobivanje ne sijeku šume radi povećanja poljoprivrednih površina, niti koriste usjevi koji bi mogli proizvesti hranu, već se koriste otpadni produkti iz drvne i šumarske industrije i time otpad pretvara u korisni proizvod. Međutim, proizvodnja tih goriva je tehnološki zahtjevan proces što znatno podiže cijenu njihove proizvodnje a time i cijenu na tržištu.

Europska Unija je 2012. predvidjela da će zemlje unutar EU do 2020. godine zadovoljavati 10 % svojih potreba za transportnim gorivom iz obnovljivih izvora energije koji uključuju biogoriva, vodik i »zelenu« struju, kao dio dogovora na području paketa energije i klime. Pod direktivom 2009/28 Europska komisija je ograničila upotrebu biogoriva prve generacije na 5 %, a ostatak transportnih potreba trebao bi se namiriti iz ostalih izvora među kojima su biogoriva proizvedena iz otpadnih materijala te algi. Znači li to da su goriva treće generacije dobivena iz algi zaista gorivo budućnosti? Danas je iz biomase mikroalgi moguće uspješno dobiti nekoliko različitih vrsta biogoriva: bioetanol postupkom fermentacije, bioplin (metan) postupkom anaerobne digestije, određene vrste mikroalgi oslobađaju biovodik, te što je najvažnije zbog velikog sadržaja ulja mikroalge se mogu iskoristiti za proizvodnju tekućeg goriva za automobile (biodizela) ali i visokoenergetskog goriva za zrakoplove.

Postoji više razloga zašto je velik broj ljudi diljem svijeta oduševljen potencijalom kojeg pruža uzgoj biomase mikroalgi za proizvodnju biogoriva. Prvenstveno zato jer to biogorivo izgaranjem oslobađa puno manju količinu CO<sub>2</sub> i ostalih stakleničkih plinova u atmosferu nego fosilna goriva i velika većina biogoriva prve generacije. Nadalje, mikroalge obavljaju proces fotosinteze u kojem troše CO<sub>2</sub> tako da je njihov ukupni učinak na oslobađanje ugljika u atmosferu zapravo jako malen. Također, za uspješan rast i razmnožavanje mikroalgi potrebno im je osigurati dodatnu veliku količinu CO<sub>2</sub> za što mogu poslužiti indu-

strijska postrojenja ili npr. termoelektrane. Time se smanjuje utjecaj industrije na okoliš, a istodobno povećava proizvodnja algalne biomase. Uzgoj mikroalgi odvija se na mjestima gdje druge biljke često ne mogu rasti kao što je pustinjsko područje. Još važnije, kao izvor vode može se koristiti morska voda, bočata voda ili otpadna voda koje se u tom procesu ujedno pročišćava. Mikroalge su jednostanični organizmi koji se udvostručavaju svakih nekoliko sati i njihova biomasa se može sakupljati na dnevnoj bazi, a ne obavljati žetva jednom godišnje, te time njihov potencijal proizvodnje biogoriva višestruko nadmašuje proizvodnju iz tradicionalnih usjeva. I na kraju ono najvažnije je da određene vrste mikroalgi mogu sadržavati i do 70 % staničnog sadržaja u obliku ulja i time mogu teorijski proizvesti 10 do 100 puta više lipida po hektaru raspoložive površine nego bilo koja biljka koja se koristi u proizvodnji biogoriva. Ako uračunamo njihovu visoku stopu razmnožavanja i proizvodnju biomase, to znači da su mikroalge jedini izvor biodizela koji ima potencijal u potpunosti zamijeniti dizel dobiven iz fosilnih goriva.

Ako je sve tako divno i idealno, zašto onda danas već i nemamo dostupan algalni biodizel na benzinskim crpkama? Odgovor se krije u troškovima proizvodnje, koji su još uvijek previsoki. Primjerice, oko 20 puta je skuplje proizvesti biogorivo iz algi nego iz konvencionalnih usjeva. Dok cijena fosilnih goriva drastično ne poraste na svjetskim tržištima zbog nestašice prirodnog plina i nafte, poduzeća koja proizvode biodizel iz mikroalgi nisu dovoljno konkurentna na tržištu. Međutim, postoji veliki broj tvrtki koje se bave upravo tim područjem među kojima je danas vjerojatno najuspješnija američka tvrtka Sapphire Energy koja proizvodi biogorivo iz mikroalgi u pustinji Novog Meksika te ga testira kao izvor goriva u automobilima, a provedeno je i nekoliko probnih letova zrakoplova. Tvrtka predviđa da će započeti s komercijalnom proizvodnjom algalnog biogoriva do 2018. godine, pa nam preostaje da pričekamo i vidimo rezultate.

## Mikroalge kao izvor sirovina

Ljudi su odavno prepoznali da se mikroalge mogu uspješno iskoristiti kao izvor vrijednih sirovina, i to prvenstveno kao hrana. Međutim, napredak u području biotehnologije mikroalgi postao je vidljiv tek polovinom prošlog stoljeća. Danas se nekoliko vrsta mikroalgi kao što su cijanobakterija *Arthorospira*, poznatija pod svojim starim znanstvenim imenom *Spirulina*, te zelena alga *Chlorella*, uzgajaju u velikim količinama diljem svijeta isključivo radi proizvodnje dodataka prehrani. Njihova biomasa komercijalno je dostupna već duže vrijeme na tržištu »zdrave« hrane najčešće u obliku liofiliziranog praha te u obliku raznih tableta i kapsula. Osim u ljudskoj prehrani, mikroalge se koriste i kao dodatak hrani za životinje gdje služe za po-



boljšanje njezine nutritivne vrijednosti i to očekivano najviše u akvakulturi, ali i u hrani proizvedenoj za domaće životinje i kućne ljubimce. Zašto su baš mikroalge toliko korisne u prehrani? Analizom njihovog specifičnog kemijskog staničnog sastava ustanovilo se da imaju vrlo visok sadržaj proteina u svojim stanicama s povoljnim omjerom i dostupnosti aminokiselina zbog čega Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) naziva Spirulinu jednom od najvećih »super-hrana« na Zemlji naglašavajući upravo potencijal mikroalgi u prehrambenom sektoru. Osim toga, stanice mikroalgi sadržavaju razne polisaharide, mikroelemente te širok raspon različitih vitamina i ostalih bioaktivnih funkcionalnih molekula.

Iz mikroalgi možemo i ekstrakcijom dobiti određene bioaktivne molekule koje nam trebaju, a ne samo koristiti njihovu čitavu biomasu. Osim lipida koji se mogu iskoristiti za proizvodnju biogoriva, stanice morskih mikroalgi također proizvode visokovrijedne omega-3 i omega-6 nezasićene masne kiseline (EPA, DHA) te se tako dinoflagelat *Cryptocodinium* uspješno uzgaja upravo u svrhu njihovog dobivanja, što predstavlja alternativu dobivanju tih kiselina iz ribljeg ulja. Drugi visokovrijedni proizvod dobiven ekstrakcijom iz mikroalgi su fotosintetski i zaštitni pigmenti koji se koriste kao dodaci hrani, ali i u kozmetičkoj industriji. Astaksantin je pigment koji predstavlja snažan antioksidans i koristi se kao dodatak ljudskoj prehrani a uspješno se proizvodi iz zelene alge *Haematococcus*. Beta-karoten se proizvodi iz morskih mikroalgi kao što su *Dunaliella* ili *Nannochloropsis* a vrlo je popularan u kozmetičkoj industriji. Iz cijanobakterija se dobiva fikocijanin, jedini nesintetički izvor plave boje koja se koristi u prehrambenoj industriji, npr. za bojanje M&M plavih bombona ili ostalih plavih slatkiša. U kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji tek se počeo otkrivati širok raspon bioaktivnih tvari i kemijskih spojeva koje je moguće dobiti od različitih vrsta mikroalgi. Tako se, na primjer, istražuje proizvodnja raznih alginata (»alguronska kiselina«), polisaharida nedefiniranog kemijskog sastava koji se koriste u kremama za lice i tijelo, tvari koje se mogu dodati kremama protiv starenja kože, tvari koje djeluju protuupalno, te još mnoge druge potencijalne korisne primjene.

## Kako se mikroalge uopće uzgajaju?

Mikroalge se ne mogu uzgajati na poljima poput usjeva, već je za njihov uzgoj koriste tzv. bioreaktori gdje se jednostanični organizmi nalaze suspendirani u hranjivom vodenom mediju. Razlikujemo dvije osnovne kategorije bioreaktora, otvorenog i zatvorenog tipa, od kojih svaki ima svoje prednosti i mane. Bioreaktori otvorenog tipa, tzv. »raceway ponds« (sl. 2.) su umjetni plitki bazeni izgrađeni od plastičnih materijala ili od betona u obliku elipse te podsjećaju oblikom na trkalište. Vodeni medij sa suspendiranim mikroalgama čitavo se vrijeme

mora miješati da bi mikroalge imale dovoljnu dostupnost nutrijenata i svjetlosti te da ne bi došlo da njihovog taloženja na dno bazena. To se postiže stvaranjem struje pomoću kotača s lopaticama postavljenom na jednom kraju bazena. Prednosti korištenja otvorenog tipa bioreaktora su u njegovoj jeftinijoj i jednostavnijoj izgradnji te je moguće izgraditi vrlo velike bazene. Međutim, prosječni prinos biomase je oko 0,015 kg/m<sup>2</sup> na dan (oko 45 t/ha godišnje) jer je tipična koncentracija mikroalgalne biomase koju je moguće postići 0,25 kg/m<sup>3</sup>. Također, jer je riječ o otvorenim bazenima gdje su mikroalge u neposrednom kontaktu s atmosferom, nije moguće kontrolirati uvjete uzgoja pa postoji ograničen broj vrsta koje se mogu prilagoditi ekstremnim uvjetima koje ih mogu snaći kao što su isušivanje, kiša ili prejako osvjetljenje. U otvorenim bazenima postoji i velika vjerojatnost kontaminacije raznim patogenima ili drugim vrstama koje mogu biti donesene vjetrom ili kišom. Međutim, zbog niske cijene izgradnje i održavanja taj tip bioreaktora vrlo se često koristi za dobivanje biomase mikroalgi, osobito za potrebe dobivanja biogoriva. Druga kategorija bioreaktora su zatvoreni sustavi, tzv. fotobioreaktori, gdje suspendirane mikroalge u hranjivom vodenom mediju struje kroz prozirne plastične cijevi položene vertikalno ili horizontalno ili se nalaze u vrećama između ravnih ploča (sl. 3.). Trošak izgradnje i održavanja fotobioreaktora znatno je veći od otvorenih sustava, međutim, dvostruko veći je i prinos biomase, koji je iznosi 0,050 kg/m<sup>2</sup> na dan (oko 100 t/ha godišnje) s tipičnom koncentracijom mikroalgalne biomase 1,5 kg/m<sup>3</sup>. Razlog je tome mogućnost veće kontrole svih čim-



**Slika 2.** Bioreaktori otvorenog tipa (»raceway ponds«) u kojima se voda s hranjivim tvarima i suspendiranim mikroalgama pokreće uz pogon kotača s lopaticama. Pilot-postrojenje; Sveučilište u Almería, Španjolska.





**Slika 3.** Zatvoreni fotobioreaktori u obliku vertikalno postavljenih cijevi i ravnih panela. Pilot-postrojenje; Sveučilište u Almerii, Španjolska.

benika koji utječu na proizvodni proces i time povećavaju njegovu učinkovitost.

Budući i trenutačni znanstveni naponi i istraživanja u području biotehnologije mikroalgi usmjereni su u više pravaca, prvenstveno s ciljem smanjivanja troškova proizvodnje biomase i povećanju konkurentnosti cijenom proizvoda dobivenim od mikroalgi na svjetskom tržištu energije i sirovina. Prvi korak svakako je odabir pogodne vrste mikroalgi ovisno o tome što želimo od nje dobiti (lipidi, pigmenti, bioaktivne tvari...) te se taj korak provodi izolacijom mikroalgi iz okoliša u umjetne hranjive podloge i dugotrajnim testiranjima u laboratoriju (sl. 4.). Istražuju se i otkrivaju nove vrste i sojevi, osobito one koje obitavaju u ekstremnim staništima kao što su primjerice slane močvare, jer te vrste u svojim stanicama imaju povećani sadržaj lipida i ostalih zanimljivih tvari. Također se intenzivno radi na modifikacijama već postojećih sojeva i vrsta metodama genetskog inženjerstva radi poboljšanja prinosa tvari koje iz njih dobivamo. Puno se naravno ulaže i u optimizaciju proizvodnog procesa u bioreaktorima poboljšanjem samih tehničkih karakteristika sustava. Jedan od zanimljivih načina dobivanja dovoljne količine biomase je integracija proizvodnje u bioreaktorima s više procesa, primjerice tako da se otpadna voda i plinovi iz industrijskih postrojenja koriste za uzgoj mikroalgi pa se pročišćeni zrak i voda ispuštaju natrag u okoliš.

U istraživanju mikroalgi je definitivno budućnost. Tek smo započeli otkrivanjem mogućnosti gdje i za što ih sve možemo uspješno koristiti te nam samo preostaje da vidimo gdje će nas znanost i tehnologija odvesti u tom području (sl. 5.).



**Slika 4.** Fotobioreaktori u obliku horizontalno postavljenih cijevi, vertikalnih ravnih panela te liofilizirana biomasa mikroalgi. La Estación Experimental Cajamar Las Palmerillas, El Ejido, Almería, Španjolska.



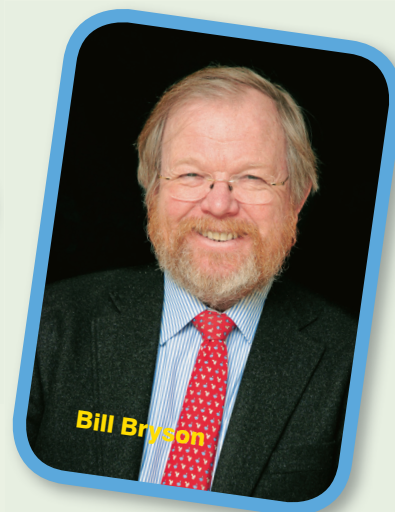
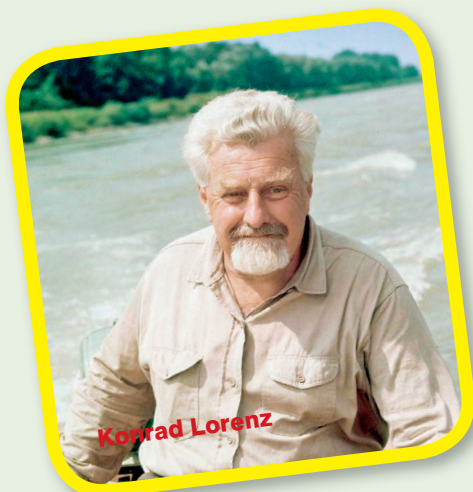
**Slika 5.** Izbor odgovarajućih vrsta mikroalgi i laboratorijsko testiranje. La Estación Experimental Cajamar Las Palmerillas, El Ejido, Almería, Španjolska.

## Zahvala

Hrvatska Zaklada za Znanost, projekt BIOTA UIP-11-2013-6433.

## Literatura

1. Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology advances*, 25(3), 294–306.
2. Chisti, Y. (2013). Constraints to commercialization of algal fuels. *Journal of biotechnology*, 167(3), 201–214.
3. Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., Sijtsma Vigani, L. (2014) *Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe*. JRC Scientific And Policy Reports, Publications Office. 26255 EN
4. Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87–96.
5. Chacón-Lee, T.L. and González-Mariño, G.E. (2010), Microalgae for “Healthy” Foods—Possibilities and Challenges. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9: 655–675.
6. <http://www.sapphireenergy.com/>



## KAKO ĆETE POSTATI PRETPLATNIK »PRIRODE«?

1. Pošaljite nam svoju adresu običnom poštom (Časopis Priroda, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Trg žrtava fašizma 10, 10000 Zagreb), telefonom (01-468-0240) ili elektroničkom poštom ([priroda@hpd.hr](mailto:priroda@hpd.hr)).
2. Čekajte da vam dođe prvi broj *Priode* s uplatnicom. Kada je uplatite, postali ste naš pretplatnik!

**ŽELITE LI KUPITI OVAJ BROJ »PRIRODE«**  
JAVITE NAM SE TELEFONOM (01-468-0240)  
ILI ELEKTRONIČKOM POŠTOM (priroda@hpd.hr).  
POŽURITE BROJ PRIMJERAKA JE OGRANIČEN.

**ŽELITE LI PODRŽATI ČASOPIS »PRIRODA«,**  
JEDAN OD STARIJIH ČASOPISA ZA POPULARIZACIJU  
Znanosti u svijetu,  
POSTANITE NAŠ PRETPLATNIK!

## **KAKO ĆETE POSTATI PRETPLATNIK »PRIRODE«?**

1. Pošaljite nam svoju adresu običnom poštom (Časopis Priroda, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Trg žrtava fašizma 10, 10000 Zagreb), telefonom (01-468-0240) ili elektroničkom poštom (priroda@hpd.hr).
2. Čekajte da vam dođe prvi broj *Priode* s uplatnicom. Kada je uplatite, postali ste naš pretplatnik!