

BENTOSKE ALGE JADRANSKOG MORA I MOGUĆNOSTI NJIHOVA ISKORIŠTAVANJA

POSSIBILITIES FOR ADRIATIC SEAWEED EXPLOITATION

Ante Špan

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

UVOD

Morsko bentosko bilje najvećim dijelom čine makroskopske alge koje velikom većinom žive u plićim vodama pričvršćene za čvrsto dno. Ostali, po broju vrsta neznatan dio, čine morske cvjetnice koje su naknadno prilagođene na život u moru, a uspijevaju na pomičnim dnima.

Morske pridnene alge, naročito smeđe i crvene, a u manjoj mjeri i zelene, imaju značajnu privrednu važnost koja će u budućnosti, kako to pokazuju noviji radovi i saopćenja, biti još veća jer je uočljiv jasan trend velike ekspanzije novih aspekata njihove eksploatacije.

Danas se alge u velikim količinama koriste u brojnim zemljama. U tom pogledu daleko ispred njih prednjači Japan gdje su, prema podacima FAO (1969), samo u 1969. godini sabrali i prerađili 245.000 tona smeđih i više od 134.000 tona crvenih alga (vlažne težine). Iza Japana, sa znatno slabijom »žetvom« u 1969. godini, dolaze Meksiko sa 26.000 i Škotska sa 24.000 tona smeđih te Kanada sa 43.000 i Argentina sa 19.400 tona crvenih alga.

Resursi morskih alga uzduž mnogih obala oceana i mora dosta su veliki, pa se mnoge industrije vezane uz korištenje morskih alga i njihovih sastojaka mogu njima opskrbljivati. Danas su već učinjeni neki pokušaji procjene cjelokupnih svjetskih resursa bentoskih alga, Michanek (1971), ali se čini da je to znatno teži zadatak od utvrđivanja njihove stvarne godišnje žetve i prerade. Zbog velike važnosti alga kao sirovine za dobijanje brojnih i važnih produkata te njihove vrlo široke primjene u raznim industrijskim granama, medicini i poljoprivredi, već danas se nastoji što racionalnije eksploatirati naselja alga da ne bi, zbog preintenzivnog branja, došlo do njihova uništenja kao što je to bio slučaj s naseljima *Ascophyllum nodosum* na obalama Norveške, Printz (1959).

Racionalno iskorištavanje alga ovisi o nizu faktora, u prvom redu o selekciji onih vrsta koje sadrže dovoljne količine vrijednih sastojaka i o

adekvatnom i pravodobnom njihovu branju. Danas se vrlo mnogo istražuje kemijski sastav; proučava biologija, idioekologija i fiziologija komercijalno važnih vrsta; određuju se njihove količine, biomasa i ispituje njihova distribucija; pronalaze se odgovarajuće metode i najpogodnije vrijeme sabiranja te utvrđuje period potreban za obnavljanje njihovih naselja. U nekim zemljama istočne Azije osbita se pažnja od davnina posvećuje uzgoju morskih alga dok se u raznim drugim zemljama već vrše opsežne pripreme da bi se započelo s njihovim uzgojem.

I KRATAK PREGLED RAZVOJA ISKORIŠTAVANJA I ISTRAŽIVANJA MORSKIH ALGA U SVIJETU

Morske bentoske alge sabirali su i na razne načine iskorištavali stanovnici pomorskih zemalja istočne Azije još prije naše ere, a tek mnogo poslije one su se počele koristiti u Evropi i Americi. U kineskoj literaturi se spominju već oko 2700. godine prije naše ere. Čini se da su alge na Dalekom istoku već tada imale određenu ulogu u prehrani, medicini i poljoprivredi. U dugom razdoblju od gotovo 5.000 godina otkako čovjek upotrebljava alge, razvoj njihova korištenja doživio je velik napredak, ali se uz nova dostignuća u brojnim zemljama još uvijek upotrebljavaju neki stari načini njihova korištenja i prerade.

Upotreba alga za gnojivo

U prošlosti su se alge najviše koristile kao gnojivo u poljoprivredi, osobito u onim priobalnim područjima gdje rastu bogata naselja alga. U tu ih svrhu upotrebljavaju još i danas u Aziji (Kina i Japan) te Americi (Kanada, SAD i Meksiko), Novom Zelandu i Evropi (Irska, Škotska, Engleska, Francuska, Norveška). Obično se koriste neprerađene ili se od njih priprema kompost, a često ih se koristi osušene i smrvljene (algino brašno). Upotreba se u prvom redu zasniva na postepenoj razgradnji alga u tlu, visokom sadržaju kalija i dušika te osobito zbog sadržaja elemenata u tragovima (joda, broma, bora, magnezija, bakra, cinka, kobalta i drugih) koji su prijeko potrebni za rast biljaka. Chapman (1950) je iznio rezultate istraživanja stupnja razgradnje nekih smeđih vrsta alga u tlu koji su pokazali da su se tri vrste (*Macrocystis*, *Eklonia* i *Durvillea*) potpuno razgradile u tlu nakon 3 mjeseca, dok se ostaci vrste *Carpophyllum* mogu utvrditi i nakon 1 godine. Najuspješnija je upotreba alga na alkalnom i vapnenačkom zemljištu. Izgleda da se zbog pojačane aktivnosti mikroorganizama, koja je uzrokovana prisutnošću alga, povećava iskoristljivost dušika, fosfora, kalija i željeza u vapnenačkom zemljištu. U posljednje je vrijeme efikasna i sve se više širi upotreba tzv. ekstrakata iz alga koji se koriste u tekućem stanju. Neki ekstrakti alga pridonose većoj otpornosti mladih biljaka prema pojedinim bolestima i ekstremnim temperaturama, Booth (1969). Alge sadrže i faktore rasta. Iako je, općenito govoreći, vrijednost alga kao gnojiva odavna poznata, brojni rezultati novijih istraživanja ponovo su potvrdili veliko značenje alga kao gnojiva, otkriveni su i novi načini upotrebe a postignuta su i povećanja efikasnosti upotrebe samih alga, kao i njihovih tekućih ekstrakata u hortikulturnoj praksi.

Industrijska prerada alga

Već u 17. stoljeću u nekim zemljama sjeverozapadne Evrope bila je razvijena industrijska prerada alga tzv. »Kelp industry«. Osnovna sirovina bile su smeđe alge *Laminaria*, *Ascophyllum* i *Fucus*, koje su se nakon sabiranja i sušenja spaljivale, a iz dobijenog pepela nazvanog »kelp« dobivale su se soli koje su se koristile za proizvodnju stakla i sapuna. Danas se naziv »kelp« upotrebljava kao zajedničko ime za velike smeđe alge (*Macrocystis*, *Nereocystis*, *Alaria*, *Laminaria* i drugi predstavnici reda Laminariales).

Krajem 18. stoljeća samo je u Škotskoj proizvedeno više od 20.000 tona pepela, za što je bilo potrebno spaliti u tzv. »kelp-kilns« oko 400.000 tona alga. Ta je industrija izgubila na važnosti pošto je Leblanc (1791. godine) otkrio novu jeftiniju metodu proizvodnje natrijevih soli. Kada je Courtois 1812. godine otkrio jod u morskim algama, ponovo je, ali za kratko vrijeme, oživjela kelp industrija jer su neke alege (naročito *Laminaria* i *Fucus*) postale najvažnija sirovina za proizvodnju joda. Tako se spominju prve tvornice joda u Cherbourgu već 1814. godine i poslije 1821. godine u Conquetu. Godine 1873. u Normandiji je 9 tvornica godišnje upotrebljavalo oko 20.000 tona pepela od alga, Chapman (1950). Nakon otkrića »čilske salitre« (1873) kelp-industrija je naglo počela propadati. U Japanu je industrijska proizvodnja joda započela tek oko 1900. godine. Na početku prvoga svjetskog rata proizvodnja je iznosila 100, pri kraju čak oko 250 tona, a nakon završetka samo oko 75 tona joda godišnje.

Alge u prehrani ljudi i životinja

Upotreba alga za ljudsku prehranu poznata je još od antičkog doba. Alge ili njihovi produkti koriste se mnogo u zemljama istočne i južne Azije te na otocima u Pacifiku, gdje se više od 100 vrsta alga jedu u prirodnom stanju ili najčešće prerađene. To osobito vrijedi za Japan gdje se neke vrste ne samo sabiru u velikim količinama već i uzgajaju, a taj uzgoj ima značajnu komercijalnu vrijednost. Najpoznatiji su produkti u Japanu tzv. Nori (razni jestivi proizvodi koji se dobijaju iz porfira), Kombu i Wakame. Nori je s ekonomskog stajališta najvažniji proizvod jer mu je komercijalna vrijednost vrlo velika. Kao sirovina služe brojne vrste roda *Porphyra* (uglavnom *P. umbilicalis*, *P. perforata*, *P. leucosticta*, *P. lanceolata* i brojne druge). Najveći dio dobije se uzgojem koji se u Japanu vrši već od 1736. godine. Najprije je uzgoj započeo u Tokijskom zaljevu, a poslije se postepeno proširio gotovo na sve zaljeve gdje postoje povoljni uvjeti za obavljanje te djelatnosti. Danas se proizvode oko 11.000 tona Nori proizvoda godišnje. U 1970. je proizvedeno 10 981 tona, Okazaki (1971). Osim Japana i neke druge zemlje istočne Azije (u Južnoj Koreji i Istočnom Pakistanu postoji uzgoj) koriste porfire u ljudskoj prehrani. U znatno manjoj mjeri nego u istočnoj Aziji i pogotovu u Japanu, koriste se za jelo (Laverbred) razne vrste porfira još u Velikoj Britaniji (Škotska, Wales) i u SAD (Kalifornija i Havaji).

Kombu je po važnosti drugi proizvod, a priprema se od vrsta rodova *Laminaria* (*L. japonica*, *L. ochotensis*, *L. religiosa*, *L. longissima*) i *Alaria*. Smith prema Chapmanu (Chapman, 1950, p. 168) navodi da početak proizvodnje datira još od 1730. g., a sama metoda se od tada gotovo nije mijenjala. Glavni centri proizvodnje jesu Osaka i nešto manje Tokio i Hako-

date. Godine 1903. bilo je samo u Osaki 45 tvornica koje su zapošljavale 10 do 20 radnika svaka. Berba alga obično počinje krajem svibnja a završava u studenom, ali je glavna sezona u srpnju i kolovozu. Oko 90% laminarija sabere se na obalama Hokaida, dok se prije rata oko 40% ukupnih količina sabiralo oko Kurilskih otoka. Danas se u Japanu za proizvodnju kombu-produkta ubere godišnje oko 37.000 tona suhe težine laminarija, Okazaki (1971). Međutim, 1934. godine Hoffman, prema Chapmanu (Chapman, 1950, p. 175) navodi da je sabrano *Laminaria* više od 475.000 tona vlažne težine i od toga proizvedeno oko 57.000 produkta kombu. Kombu se proizvodi i na obalama Koreje i kod Sahalina.

Wakame se proizvodi iz vrsta roda *Undaria* (*U. pinnatifida*, *U. undarioides*, *U. peterseniana*), koje se najviše sabiru u sjevernim provincijama Japana tijekom svibnja i lipnja, a u južnim 1 do 2 mjeseca poslije. Rastu na dubinama 5 do 7 metara, dok u južnim područjima tek od 5—7 do 13—15 m dubine. Godine 1955. sabrano je ovih alga oko 45.000 tona suhe težine, a od toga je proizvedeno oko 8.743 tona produkta wakame. U 1960. godini proizvodnja je porasla pa je ubrano 62.664 tona undarija, a proizvedeno oko 11.000 tona wakame, Okazaki (1971). I te se vrste po posebnim metodama vrlo uspješno uzgajaju. U Britaniji se konzumira oko 200 tona godišnje, Booth (1964).

Međutim, i brojne druge vrste morskih alga koriste se u Japanu za proizvodnju raznih želatina, začina ili se upotrebljavaju kao varivo ili salata. Razne vrste roda *Enteromorpha* (Awo-nori) poznate su u prvom redu u proizvodnji začina. U tu svrhu se koriste i neke vrste roda *Monostroma* (Aonori), *Ulva* (Awose), *Codium* (Miru), *Phyllitis*, *Mesogloia* (Mozuku) i brojne druge.

U svijetu postoje i druga opsežna područja i zemlje gdje se morske alge u velikoj ili manjoj mjeri koriste u ljudskoj prehrani. Tako npr. u Indoneziji, Burmi i Filipinima sakupljaju brojne vrste alga koje koriste sirove ili kuhane. U Evropi, Americi i Australiji upotreba alga ili alginih proizvoda nema neko veće značenje u prehrani. Međutim, poznato je da ipak u nekim zemljama Evrope (Škotska, Irska, Island, Južni Wales i Cornwall) još i danas povremeno koriste pojedine zelene i smeđe alge u ljudskoj prehrani. Na istočnoj i zapadnoj obali sjeverne Amerike neke vrste se u manjim količinama koriste za jelo. Tako se vrste roda *Rhodomenia* koriste u Kanadi i SAD za proizvodnju »Dulse« produkta, pa je u Kanadi 1966. godine ubrano oko 360 tona suhe težine tih alga. Na obalama južne Afrike upotrebljava se za proizvodnju želea *Suhria* (»Red ribbons«). Znatne količine većeg broja vrsta (75) koriste se na Havajima i obližnjim otocima. Vrlo malo alga konzumira se u južnoj Americi (»lachuga de samba« u Čileu od ulve i »lochayuge« od *Durvillea*). Za Australiju postoje podaci da se koriste vrste *Sarcophycus* i *Durvillea*. Na Novom Zelandu se koriste neke zelene alge za pripremanje salata i juha, a iz nekih porfira izrađuju »karango« specijalitete.

Iako se morske alge vrlo često upotrebljavaju, direktno ili prerađene, u mnogim zemljama za prehranu ljudi, činjenica je da njihova hranjiva vrijednost ipak nije velika, jer je sadržaj bjelančevina i masti u njima relativno mali. Nadalje, ugljikohidrati, kojima alge obiluju, su za ljudski organizam teško probavljivi. Vrijednost je alga u visokom sadržaju mineralnih tvari, osobito elemenata u tragovima i vitaminima. U zadnje vrijeme izvršena su brojna ispitivanja pogodnosti primjene alga u ljudskoj prehrani, koja su pokazala da kvalitet, okus i sadržaj hranjivih tvari i drugih visokovrijednih

sastojaka ovise o sezoni branja, o vrstama alga, odnosno o pojedinim dijelovima njihovih talusa, načinu sušenja, prepariranja i preradi za upotrebu. Schifner i suradnici prema Boneyu (Boney, 1965, p. 214) upozorili su na to da prethodna obrada polisaharida iz alga encimatskim dodacima može znatno povećati njihovo iskorištavanje u ljudskom organizmu. Unatoč svim navedenim nedostacima i brojnim neriješenim pitanjima o mogućnostima korištenja alga u ljudskoj prehrani, može se općenito reći da su one ipak značajan potencijalan izvor ugljikohidrata, bjelančevina, vitamina i brojnih mikro-nutrienata, ali da njihova hranjiva vrijednost i njihova prikladnost u ljudskoj prehrani ipak nije još dovoljno poznata i istražena.

Upotreba morskih alga kao hrane domaćih životinja poznata je od davnina. Naročito se u tu svrhu koriste neke vrste *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Fucus*, *Macrocystis* i brojne druge. U mnogim zemljama, osobito u onima gdje stalno ili povremeno nedostaje stočne hrane, ovce, koze, konji, svinje i ostale domaće životinje slobodno se hrane algama koje su izbačene na obalu. Vrlo često se te alge sabiru i posebno spremaju za upotrebu zimi. Poznato je da se i na pacifičkoj obali Sjeverne Amerike stoka hrani algama i da je ta stoka zdravija i plodnija. Slično je i na Novom Zelandu gdje se ovce hrane nekim smedim algama (*Bloesvillea*, *Sargassum*, *Hormshira*).

Shvaćanje i poznavanje vrijednosti alga kao krmiva još je nedovoljno i nalazi se u početnoj fazi, ali postoje već brojni podaci o korisnosti i uspješnoj primjeni u ishrani domaćih životinja, Stephenson (1968). Brojni pokusi u kojima su korištene osušene alge pokazali su da prevelika upotreba istih u prehrani ovaca, kokoši i nekih drugih domaćih životinja, osim povoljnih utjecaja, može izazvati i neke štetne posljedice (npr. smanjenje tjelesne težine, smanjena nosivost jaja), pa ih je potrebno vrlo pažljivo koristiti kao dodatak krmivu.

Danas se u većim količinama upotrebljava algino brašno kao dodatak hrani domaćih životinja. U Evropi je proizvodnja algina brašna naročito značajna u Norveškoj, Velikoj Britaniji, Irskoj i Francuskoj (iz *Ascophyllum nodosum*), a u Sjevernoj Americi su značajne Kanada i SAD (iz *Macrocystis*, *Nereocystis*, *Alaria* te u nešto manjim količinama *Pelagophycus*). U gore navedenim zemljama proizvede se oko 50.000 tona algina brašna godišnje. Istraživanja su pokazala da je algino brašno vrlo vrijedan izvor vitamina i elemenata u tragovima. Uspješnu primjenu algina brašna u prehrani krava dokazali su pokusi Jensena i suradnika (1968) u Norveškoj. Međutim, rezultati su brojnih istraživanja upozorili na činjenicu da je prijeko potrebno pažljivije dozirati količine algina brašna koje se dodaje drugom krmivu, jer prevelike količine mogu izazvati naknadno štetno djelovanje u hranjenih životinja.

Upotreba alga u medicini

Po svemu se čini da je u staroj Kini upotreba nekih alga u primitivnoj medicini bila vrlo česta. U Irskoj su upotrebljavali (u 19. stoljeću) karaginin i agar za liječenje oboljelih dišnih organa. Vrsta *Alsidium helminthochorton* upotrebljavala se kao sredstvo protiv crijevnih nametnika. Ekstrakt iz *Digenea simplex* pod imenom »Helminol« upotrebljavao se protiv parazitskih crva, a sličnu upotrebu imali su preparati dobiveni iz vrste *Hypnea musciformis* (u Grčkoj i Turskoj), *Chondria*, *Rhizoclonium* i druge. Brojne vrste alga korištene su u liječenju plućnih bolesti i skrofuloze (u nekim me-

diteranskim zemljama korištene su vrste *Dictyopteris polypodioides* i *Stilophora rhizodes*). Elsner, Broser i Burgel otkrili su da u vodi topivi ekstrakt iz karaginata ima antikoagulirajuće djelovanje. Slično djelovanje ima i tzv. iridoficin koji se dobija iz vrste *Iridophycus flacida* te ekstrakt iz *Delesseria sanguinea*. Brojni radovi pokazali su da neki ekstrakti iz alga snižuju sadržaj holesterola u krvi pokusnih životinja (Abe i Kaneda, 1971; Ito i Tsuchiya, 1971). U mnogim zemljama danas se vrše opsežna istraživanja mogućnosti ekstrakcije raznih lijekovitih sastojaka iz alga i njihove primjene u liječenju raznih bolesti. Ta istraživanja već su dala vrlo dobre rezultate jer su otkrivene brojne ljekovite materije, koje imaju vrlo široku primjenu u medicini. U brojnim vrstama morskih alga otkrivene su razne antibiotske supstance. Shirahama (1942) je prvi našao antibiotsku supstancu u morskoj algi *Cystophllum hakodatense* koja ima negativno djelovanje na *Lactobacillus bulgaricus* i *Lactobacillus helveticus*. Poslije su i brojni drugi istraživači uspjeli ekstrahirati razne antibiotske supstance koje su sprečavale rast raznih bakterija uključujući i patogene (npr. *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*). Nadal (1961) je utvrdio jednu jako inhibirajuću tvar u vrste *Sargassum natans*, a daljnja istraživanja su pokazala da je to hlapljiva tvar (nazvana sarginin) koja djeluje na *Streptococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* i brojne druge bakterije (Nadal i suradnici, 1964). Izgleda da je sarginin složena tvar čija komponenta A ima fungicidno, antibakterijsko i citotoksično djelovanje, a druga komponenta B samo citotoksično. Burkholder i suradnici (1960) utvrdili su da od 150 ispitivanih vrsta morskih alga s obale Puerto Rica, 66 vrsta ima antibiotsko djelovanje, a uz to sadrže i tvari koje ubrzavaju rast. Ustanovljeno je da antibiotsko djelovanje ne varira mnogo u toku godine, a samo je u 2 od 12 ispitanih alga nađeno značajnije variranje (Almodovar, 1964). Fungistatičke osobine utvrdio je Telch (1962) kod triju grupa alga, dok je L. R. Worthen demonstrirao antivirusno djelovanje (na virus influence) tvari izolirane iz alga. Očito je da u morima uspijeva obilje alga koje sadrže velik broj antibiotskih tvari i da je ovo područje još vrlo slabo poznato.

Fikokoloidi (polisaharidi iz alga)

Veliko značenje fikokoloida, osnovnih industrijskih produkata koji se dobijaju iz morskih alga, utjecalo je na snažan razvoj istraživačke djelatnosti u domeni biokemije alga, a rezultat toga jest vrlo velik broj objavljenih radova o strukturi, kemijskom sastavu i upotrebi tih visokovrijednih sastojaka alga. Najvažniji industrijski produkti koji se ekstrahiraju iz alga obuhvaćeni su pod zajedničkim nazivom fikokoloidi. Oni se danas vrlo često primjenjuju u brojnim industrijama gdje su nezamjenjivi kao razni emulzifikatori, gelifikatori, stabilizatori, a imaju i brojne druge specifične primjene kao sastavni dijelovi raznih industrijskih produkata gotovo u svim industrijskim granama. Tseng (1945) je fikokoloidne definirao kao kompleks polisaharida crvenih i smeđih alga, koji otopljeni u vodi čine koloidne sustave. Tijekom posljednjih desetak godina taj se zajednički termin sve više raščlanjuje, a svaki se novi ekstrakt iz alga dobro definira. Danas se vrlo često pojedinom novootkrivenom polisaharidu daje naziv po vrsti alge iz koje je ekstrahiran (npr. furcelaran iz *Furcellaria*, filofozan iz *Phyllophora*, euheuman iz *Eucheuma*). Budući da je u znanstvenoj literaturi u prošlosti mnogo različitih termina upotrijebljeno

za polisaharide iz crvenih i smeđih alga, što je stvaralo neopisivu zbrku u postojećoj literaturi, potrebno je ovdje iznijeti u najkraćim crtama nazive za razne produkte dobijene iz alga, kao i nazive onih grupa i vrsta alga koje služe kao glavna sirovina.

Fikokoloidi crvenih alga. — Tseng (1945) je uključio produkte koji se ekstrahiraju iz crvenih alga (agar i karaginin) u grupu geloza tj. onih produkata koji otopljeni u vodi čine manje ili više čvrste želatinozne otopine. Stolloff i Silva (1957) su sve polisaharide, koji se pomoću vode mogu ekstrahirati iz crvenih alga, nazvali polisaharidi i podijelili ih u tri grupe: *agari*, *karaginan* i *gelani*. Poslije je Stolloff (1962) dao navedenim hidrokoloidnim polisaharidima zajedničko ime polisakoloidi.

Agar (prije agar-agar) obuhvaća grupu fikokoloida koji se (prema USP kriterijima) otapaju samo u vrućoj vodi, a nakon ohlađivanja na 32—39°C njihova 1,5-postotna otopina tvori čvrst i elastičan gel netopiv na temperaturi nižoj od 85°C (Levring, Hoppe and Schmid, 1969). Dobija se iz brojnih vrsta crvenih alga tzv. agarofita (vrste rodova *Gelidium*, *Ahnfeltia*, *Gracilaria*, *Pterocladia*, *Acanthopeltis*).

Agaroidi su fikokoloidi slični agaru koji ne odgovaraju u cijelosti njegovoj definiciji, a ekstrahiraju se iz drugih vrsta crvenih alga tzv. agaridofita (*Phyllophora*, *Eucheuma*).

Japan je glavni i najstariji proizvođač agara (ili kantina), a sve do drugoga svjetskog rata imao je gotovo potpuni monopol u proizvodnji. Danas su osim Japana značajni proizvođači još Španjolska, Maroko i Koreja čiji se proizvodi koriste u Evropi. Važan proizvođač agara jesu i SAD, koji najveći dio svoje proizvodnje same potroše, a manji dio izvoze u Evropu. Proizvodnja agara u drugim zemljama od manje je važnosti jer se njome samo djelomično pokriva vlastite potrebe.

U brojnim pomorskim zemljama, s većim ili manjim rezervama alga, danas se nastoji razviti industrija agara. Međutim, kako se povećava interes i potrošnja agara, tržište zahtijeva uniformniji produkt kako u kvaliteti, tako i u specifikaciji.

Agar ima široku primjenu u prehrambenoj industriji (produkcija pudinga, krema, sladoleda, majoneze, u mesnoj i riboprerađivačkoj industriji). Upotrebljava se i u vinarstvu, proizvodnji piva i likera. Znatna mu je upotreba i u farmaceutskoj industriji, a naročito je važan kao podloga za bakterijske kulture. U kozmetici služi kao stabilizator emulzija, kao sastavni dio krema, losiona, ljekovitih masti. Koristi se u fotoindustriji i proizvodnji plastičnih materijala.

Karaginan (carrageenan) i karaginati (carrageenates) dobivaju se također iz nekih crvenih alga nazvanih zajedničkim imenom karaginofiti (*Chondrus crispus* i *Gigartina stellata*). Sadržaj karaginana u ovim algama dostiže ponekad i do 59% njihove suhe težine. Karaginan je osnovni ekstrakt, dok su karaginati soli karaginske kiseline koje se dobiju posebnim postupkom obrade karaginofiti. Karaginati su obično mješavine kalcijevih, natrijevih i kalijevih soli.

Glavni proizvođači karaginana i karaginata jesu SAD, Velika Britanija (British agar), Kanada, Danska (tzv. danski agar ili furcelaran) i Norveška. Upotreba karaginana slična je kao i agara. Mnogo se koristi u prehrambenoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj i tekstilnoj industriji.

Ostali fikokoloidi iz crvenih alga jesu: agaran (iz nekih vrsta *Gracilaria*), funoran (od *Gloiopeltis*), iridofikan (od *Iridia* sp.), dulsan (*Rhodymenia pal-mata*), hipnean (*Hypnea* sp.).

Fikokoloidi smeđih alga. — Proizvodnja alginske kiseline i njezinih brojnih derivata jest najvažnija industrijska prerada morskih alga. Alginska je kiselina sastavni dio staničnih membrana smeđih alga, a alginati su soli te kiseline. Najčešće su alginska kiselina i njezini derivati obuhvaćeni zajedničkim imenom algin. Sadržaj alginske kiseline (B o n e y, 1965) varira u različitim vrsta smeđih alga od 8 do 40% suhe težine. Međutim, sezonsko i ekološki uvjetovana kolebanja također su značajna. Glavne smeđe alge (alginofiti) koje služe za proizvodnju algina jesu: *Laminaria*, *Ecklonia*, *Durvillea*, *Ascophyllum* s obzirom na visok sadržaj algina (35—47% suhe težine), a *Macrocystis pyrifera* i *Nereocystis luteana*, iako siromašnije po sadržaju algina (13—24%), zbog velikih dimenzija i biomase koju tvore u moru.

Proizvodnja algina novijeg je datuma. Intenzivnija proizvodnja datira tek od 1929. godine. Svjetska proizvodnja je udvostručena u razdoblju od 1954. do 1958. godine, kada je dostigla oko 8.000 tona. Najveći proizvođači jesu SAD koje pokrivaju oko 50% svjetske proizvodnje. Osim SAD značajnu industrijsku proizvodnju imaju Velika Britanija, Francuska, Norveška i Japan, dok su SSSR, Maroko i južna Afrika zasad manje značajni proizvođači. Proizvodnja algina (natrijev alginat čini oko 80%, a glikolni ester alginske kiseline 20% algina) rasla je u Japanu od 990 tona u 1963. go 1.425 tona u 1970. godini. Potrošnja algina u Japanu je također rasla u istom razdoblju, ali je gotovo u svim godinama (osim 1966) bila nešto veća od proizvodnje, O k a z a k i (1971).

Alginska kiselina vrlo je reaktivna te s alkalnim, amonijskim i organskim bazama tvori brojne u vodi topive ili s teškim i zemnoalkalnim metalima netopive soli, koje imaju vrlo široku primjenu u mnogim industrijskim granama. Najznačajnija je upotreba algina u prehrambenoj, kozmetičkoj, farmaceutskoj, tekstilnoj i građevnoj industriji, zatim u fotoindustriji, industriji papira, boja, porculana, emajla, elektroda, pesticida i insekticida, deterdženata i sapuna, u zubarstvu, u tehnologiji konzerviranja i dubokog zamrzavanja živežnih namirnica (mesa, ribe, voća). Ovdje su nabrojeni samo neki najvažniji načini upotrebe algina. Brojne druge grane industrije danas su zainteresirane u istraživanjima mogućnosti primjene ovih produkata te se u budućnosti očekuje da će se upotreba algina i te kako proširiti i razviti.

Ostali važni sastojci iz smeđih alga jesu: *fukoidan* (intercelularna tvar koju sadrže gotovo sve smeđe alge); *fukosan* je sastavni dio tzv. fizoda ili fukozanskih tjelašaca u smeđih alga a fenolnog je karaktera; *laminaran* je rezervni ugljikohidrat u smeđih alga (naročito u vrstama *Laminaria*) koji koleba u raznim vrstama od 1 do 25% suhe težine. Upotreba soli laminarana kao antikoagulirajućeg sredstva jest svestrano istraživana; *manitol* je vrlo poznati šećerni alkohol koji sadrže (od 6 do 20%) smeđe alge (naročito vrste roda *Laminaria*), a ima široku primjenu u farmaceutskoj industriji, u industriji boja i plastičnih masa.

Ostali proizvodi i sastojci morskih alga

Osim fikokoloida morske alge sadrže i druge značajne sastojke, kao što su bjelančevine, peptidi i aminokiseline, zatim masti i lipoide te vitamine, provitaminske tvari, razne pigmente i enzime. Svi navedeni sastojci danas još

nemaju neku značajniju komercijalnu vrijednost, ali će u budućnosti sigurno igrati važnu ulogu kao proizvodi industrijske prerade alga.

Većina istraživanja sadržaja bjelančevina izvršena je radi određivanja hranjivog sastava pojedinih vrsta. Sadržaj bjelančevina u smeđim algama koleba od 5 do 15%, a u crvenim iznosi i do 20% suhe tvari. S obzirom na aminokiseline poznato je da morske alge općenito sadrže velik broj poznatih aminokiselina, a da se peptidi češće nalaze u slobodnom obliku nego aminokiseline. Lee i suradnici su, prema Levring, Hoppe, Schmid (Levring, Hoppe, Schmid, 1969, p. 371), u smeđim algama našli 28 slobodnih aminokiselina, čiji je sadržaj pokazivao znatna kolebanja unutar pojedinih redova, porodica i rodova, ali ne i u odnosu na sezonu i stanište. Od nađenih 28 aminokiselina 15 ih je bilo utvrđeno u svim vrstama istraženih alga, vrlo često je bilo prisutno 6, a znatno rjeđe samo 2. Erikson i Carlson su, prema Levring, Hoppe, Schmid (Levring, Hoppe, Schmid, 1969, p. 372), utvrdili 22 aminokiseline u hidrolizatu crvenih, smeđih i zelenih alga. Međutim, prema mišljenju raznih autora, sadržaj i količina dušikovih spojeva u morskim algama još su slabo poznati. Prijašnja istraživanja nisu, prema mišljenju Fowdena (u Lewinu, 1964, p. 201), uvijek bila dovoljno analitički pouzdana. Međutim, Schmid (1969) smatra da će se suvremena metodologija istraživanja sadržaja i sastava bjelančevina moći vrlo uspješno primijeniti i u domeni morskih alga, ali da je to još dosta otvoreno područje istraživanja.

Masti i lipoidi također dolaze u morskim algama. Prema podacima Russel-Wells (1932) sadržaj masti u nekim najčešćim smeđim algama na obalama Velike Britanije koleba od 0,16 do 6,3%, dok prema Rossu (1953) u crvenih alga varira od 0,4 do 3,2%. Značajan napredak u analizama učinjen je primjenom metode gasne kromatografije, naročito u pogledu točnog sastava masti. Klenk i suradnici su prema Levring, Hoppe, Schmid (Levring Hoppe, Schmid, 1969, p. 380), našli da su, s obzirom na sastav masnih kiselina, u zelenih alga najbolje zastupljene zasićene C_{18} ali i nezasićene C_{16} masne kiseline. U crvenih alga gore navedene kiseline nisu značajne, dok su C_{20} dominantne. Zasićene masne kiseline slabije su zastupljene. Masne kiseline u smeđih alga su po svom sastavu svrstane između onih u zelenim i crvenim algama.

Značajni su sastojci u algama i steroli, naročito sitosterol (u *Enteromorpha*, *Ulva*, *Caldophora*, *Chondrus*, *Phyllophora*, *Ceramium*), fucosterol (u *Sargassum*, *Porphyra*, *Polysiphonia*) i holesterol (u *Gelidium*, *Pterocladia*, *Grateloupia*, *Chondrus*).

Mnogo je radova objavljeno o određivanju vitaminskih i provitaminskih tvari u morskim algama, pa je utvrđeno da su one bogate tim tvarima. Tako su Seybold i Egle (1958) našli u *Rhodomenia palmata* 249—285 mg karotina na 1.000 g suhe težine i 93—167 mg na 1.000 g suhe težine u *Chondrus crispus*. Utvrđeno je da proces sušenja ima znatan utjecaj na sadržaj karotina u crvenih alga i da opada ako se primijeni dugotrajnije sušenje, dok to izgleda nije slučaj u smeđih alga. Vitamini B-kompleksa dosta su istraživani (tiamin, riboflavin, niacin, pentotenska kiselina, B_{12} i drugi). Utvrđeno je da crvene i zelene alge sadrže više B vitamina od smeđih. Sadržaj C vitamina u algama varira od 3 do 135 mg/100 g svježih alga te je npr. *Porphyra* bogatija njime od naranče, a *Rhodomenia* za pola manje. D vitamin je utvrđen u smeđim algama.

Istraživanje i upoznavanje enzima i njihove specifične uloge u morskim algama vrlo je interesantno ne samo za znanost, već ima i veliko značenje u proizvodnji i upotrebi svih komercijalnih proizvoda iz alga. Vrijednost finalnog ekstrahiranog proizvoda ovisi o vremenu i načinu sušenja i uskladištavanja osnovne sirovine, jer se za to vrijeme mogu odvijati rastvorbeni i pretvorbeni procesi u kojima enzimi igraju osnovnu ulogu. Dosadašnji stupanj istraživanja i poznavanja enzima, kao i njihove uloge u morskim algama, sasvim je nedovoljan, što je uvjetovano znatnim poteškoćama zbog njihove ekstrakcije, a čini se i prisutnošću posebnih tvari koje posredno ili neposredno utječu na utvrđivanje aktivnosti enzima u raznim procesima, a smetaju i pri optičkom dijelu analize. Sadašnji stupanj poznavanja enzima i njihove uloge u morskim algama uopće ne zadovoljava, pa se na tom području istraživanja očekuje znatna angažiranost biokemičara.

Posebno područje istraživanja morskih pridnenih alga jesu fotosintetska aktivnost biljnih pigmenata. Važnost poznavanja kvalitativnog i kvantitativnog sastava pigmenata, kao i intenziteta fotosintetske aktivnosti, nužni su parametri u studiju ekologije pojedinih vrsta alga, za shvaćanje njihova rasta i proizvodnje, kao i za njihovu sezonsku, geografsku i dubinsku rasprostranjenost, a osobito radi utvrđivanja mogućnosti uzgoja i racionalnog iskorištavanja pojedinih ekonomsko važnih vrsta.

II ISTRAŽIVANJA NASELJA JADRANSKIH BENTOSKIH ALGA

Raznolikost sastava i dubinska rasprostranjenost

Uzdruž cijele istočne obale Jadrana, koja je izvanredno dobro razvedena i u najvećem dijelu stjenovita, raste dobro razvijena i u kvalitativnom pogledu bogata flora bentoskih alga. Te su alge već oko 2 stoljeća predmet znanstvenog istraživanja stranih (Donati, Naccari, Biasoletto, Kützing, Zanardini, Ardissoni, Meneghini, Lorenz, Hauck, Schiller, Schiffner, Vatovala, Pignatti, Giaccone i drugi), a i naših (Vouk, Linardić, Ercegović, Munda, Golubić, Špan, Lovrić) istraživača. Sva dosadašnja floristička istraživanja pokazala su da je bentoska flora alga vrlo bogata vrstama. Tako je već Lorenz (1863) utvrdio da inventar bentoskih alga (bez dijatomeja) u području Kvarnera iznosi oko 260 vrsta. Prema Haucku (1885) Jadran sadrži nešto manje od 500 vrsta bentoskih alga. Međutim, poslije su Schiffner (1931, 1933) u južnom, a osobito Ercegović (1948 a, b, 1952, 1955 a, b, 1956, 1957, 1962) u srednjem Jadranu otkrili znatan broj novih vrsta i nižih sistematskih jedinica, što je u priličnoj mjeri kompletiralo inventar pridnenih alga. Tako je Ercegović (1957) utvrdio da na obali malog otočića Jabuke, obližnjem plićaku i dubljem dnu oko otočića uspijeva relativno velik broj od 300 vrsta. Munda (1960) je za malo područje oko rta Šilo na otoku Krku utvrdila također bogatu floru od 192 vrste, uključujući tu i neke bentoske dijatomeje. Ercegović (rad u štampi) je utvrdio inventar od 543 vrste za područje srednjeg Jadrana (267 crvenih, 105 smeđih, 80 zelenih i 91 modrozelenih). U jednom prijašnjem radu isti autor (1960) navodi da u Jadranu uspijeva oko 660 bentoskih vrsta alga (300 crvenih, 125 smeđih, 105 zelenih i 130 modrozelenih). Na osnovi tog po-

datka može se već danas tvrditi da u Jadranu, iako inventar nije potpun, raste dosta bogata flora bentoskih alga.

Za mogućnost eksploatacije tih alga vrlo je važno gdje one uspijevaju, odnosno kakva je njihova dubinska i geografska rasprostranjenost. Prema podacima Ercegovića, od 543 vrste koje su utvrđene u srednjem Jadranu, oko 274 vrsta ili više od 50% uspijeva do dubine 5-6 m. Tipično dubinskih vrsta ima 152 ili oko 28%. Plitkovodna (do dubine 10 m) vegetacija sadrži 357 vrsta, Ercegović (1966). Prema tome flora srednjeg Jadrana, a može se pretpostaviti i cijelog Jadrana, pretežno je plitkovodna.

Kvantitativna istraživanja jadranskih betonskih alga

Većina istraživanja podmorske flore Jadrana obuhvatila su u prvom redu kvalitativno-ekološku problematiku, dok su kvantitativna istraživanja bila gotovo potpuno zanemarena, tako da danas raspoložemo relativno dosta skromnim podacima o količinama alga na našim obalama. Isto tako, je malo radova objavljeno o kemijskom sastavu i biokemiji naših alga, njihovoj fiziologiji, idioekologiji, a općenito je malo urađeno na ispitivanjima mogućnosti njihova iskorištavanja. Međutim, unatoč tradicionalnoj nezainteresiranosti za iskorištavanje morskih alga, danas je i u nas prodrla spoznaja o intenzivnoj i sve široj industrijskoj eksploataciji i svestranom proučavanju morskih alga u svijetu, koja je pobudila interes za morske alge i mogućnosti njihova iskorištavanja. Sve se češće postavljaju pitanja koje vrste alga na našim obalama mogu doći u obzir za industrijsko iskorištavanje, kolike su njihove količine, te gdje su i kako su one raspoređene i koncentrirane; koje i koliko vrijednih sastojaka te alge sadrže; kakve su njihove biološke i ekološke osobine; koji je najprikladniji način njihova sabiranja, sušenja i prepariranja. Na kraju ostaje i glavno pitanje, tj. isplativost iskorištavanja naših alga. Odgovor na to pitanje zasad još nije moguće dati, jer je potrebno najprije odgovoriti na sva ostala gore navedena pitanja koja su vrlo složena, pa je za njihovo rješavanje potrebno mnogo vremena, stručnosti i sredstava.

Dosadašnja vrlo brojna i opsežna floristička istraživanja bentoskih alga u Jadranu, pokazala su da na njegovoj istočnoj obali uspijeva stanoviti broj vrsta koje bi mogle imati ekonomsko značenje kao sirovina za proizvodnju fikoloida, kao dopunska hrana za stoku i perad, kao pogodno gnojivo, odnosno za ekstrakciju bioaktivnih tvari ili proizvodnju lijekova.

Međutim, činjenica je da se betonske alge u nas uopće ne iskorištavaju. Uzrok tome su vjerojatno relativno male količine alga koje su, osim toga, zbog malih kolebanja morskih doba i teško dostupne za branje i prikupljanje. Od smeđih alga na prvom mjestu treba istaknuti vrste roda *Cystoseira* koje bi mogle poslužiti kao sirovina za proizvodnju algina, a zajedno s drugim vrstama i za dobijanje algina brašna. Od crvenih alga (agarofita) možemo navesti vrste *Pterocladia capillacea*, *Gracilaria confervoides*, *Hypnea musciformis* i eventualno *Phyllophora nervosa*. Osim navedenih na našim obalama rastu i druge vrste koje bi mogle imati određeno ekonomsko značenje (npr. vrste rodova *Enteromorpha*, *Ulva*, *Padina*, *Dictyopteris*, *Laurentia*, *Spyridia* i neke druge).

Procjena količina. — Poznavanje kvantitativnih odnosa u naseljima jadranskih bentoskih alga još je vrlo oskudno i fragmentarno. Budući da vrste roda *Cystoseira* čine na plićim stjenovitim dnima Jadrana glavnu biomasu i da su one tu glavni producenti organskih materija, a ujedno su i dominantne vrste u bentoskim životnim zajednicama, dosadašnja su istraživanja bila usmjerena na proučavanje kvantitativnih prilika tih najvažnijih jadranskih alga (Špan, 1964, 1969, a, b, c). Ta istraživanja su obuhvatila pitanja procjene količina cistozira, određivanje i sezonsko kolebanje njihove biomase te proučavanje obnavljanja naselja. Količinska procjena cistozira izvršena je na više od 1300 km obale kopna i otoka u istočnom dijelu Jadrana (Špan, 1969 c). Procjenom su obuhvaćena samo površinska naselja do 4 m dubine, dok su naselja ispod te izobate samo registrirana. Najčešće vrste koje dolaze na istraženom području su *Cystoseira barbata*, *C. abrotanifolia*, *C. discors*, *C. crinita* i *C. adriatica*. Ostale vrste kao npr. *C. spinosa*, *C. squarrosa* i *C. crinitophylla* nastupaju rjeđe i prostorno su ograničene na južni (prve dvije) ili srednji Jadran.

Ukupne količine cistozira su relativno male i procijenjene su na oko 10.000 tona vlažne težine. Njihova naselja se protežu u obliku užeg ili šireg i isprekidanog pojasa uzduž obale. Procijenjena količina cistozira raste na maloj površini (kad se zbroje sve pojedinačne površine na kojima su razvijena naselja) od oko 4,2 km².

Srednja vrijednost biomase (izračunata) svih cistozira za istraženo područje iznosi 2,32 kg/m². U odnosu na dužinu istražene obale, srednja vrijednost na kilometru obale iznosi 7,5 tona vlažne težine. Količine cistozira nisu jednolično raspoređene, pa se u tom pogledu znatno razlikuju pojedini dijelovi istraženog područja. Uz obalu kopna formirana su nešto bogatija naselja, dok su na obalama otoka, naročito vanjskih, siromašnija i slabije razvijena. Na 430 km dužine obale kopna procijenjena količina cistozira iznosi 5.637 tona, a na 870 km obale otoka ta količina iznosi samo 4.212 tona. Srednja vrijednost biomase u prvom području jest 2,54 kg/m², a u drugom 2,09 kg/m². Još su uočljivije razlike ako uzmemo u razmatranje količine na kilometru obale, jer u području obale srednja vrijednost iznosi 13,11 tona, a na otočnom tek 4,84 tone. Međutim, i u uzdužnom pravcu pružanja Jadrana zapažene su razlike. Najbogatija su naselja na zapadnoj obali Istre, gdje na kilometru obale dolazi oko 16,38 tona, a srednja vrijednost biomase 2,2 kg/m². Na području od Biograda do Šibenika 14,15 tona po kilometru i 1,98 kg/m². Siromašnije je područje oko Splita, gdje je nađeno prosječno oko 5,8 tona alga po kilometru, a njihova biomasa iznosi 3,63 kg/m². Najsromašnije je područje mali dio istočne obale (oko 50 km) u južnom Jadranu, na kojem je nađeno samo 0,71 tona/km, a prosječna vrijednost biomase iznosila je 1,61 kg/m². Utvrđene razlike u količinama cistozira na pojedinim dijelovima obale nastaju pod utjecajem raznih ekoloških faktora, od kojih su najvažniji supstrat, nagib obale i njezina izloženost mlatanju valova.

Ako uzmemo u obzir da je na dosad istraženom području nađena prosječna težina alga od 7,5 tona na kilometru obale, ukupna bi količina cistozira na cijeloj našoj obali, do dubine 4 m, mogla iznositi oko 46.000 tona. Međutim, postoje još dosta prostrana naselja cistozira između izobate od 4 m i 10 metara (naročito *C. adriatica*, *C. corniculata* i neke druge) koja bi povećala taj iznos za nekih 25.000 tona, tako da bi se moglo računati na ukupne zaline od oko 70.000 tona cistozira.

U području obale kopna znatno najveću biomasu čini *C. barbata*. Ta vrsta na zaklonjenim i umjereno izloženim lokalitetima formira dosta bujna naselja (do najviše 2-3 m dubine), koja se povećanjem dubine jako razrjeđuju. Od obale kopna prema obalama unutrašnjih otoka, naročito vanjskih otoka, naselja te vrste slabije su razvijena i rjeđa. Za razliku od njih, vrsta *C. spicata* nastupa na izloženijim obalama otoka, od površine do 1 ili najviše 2 m dubine, a vrlo se rijetko susreće na obalama kopna, gdje samo ponekad na izloženijim dijelovima obale formira manja naselja. Vrste *C. crinita*, *C. abrotanifolia* i *C. discors* dosta su rjeđe od prethodnih i često dolaze u miješanim naseljima kako uz obalu kopna, tako i u otočnom dijelu ispitanog područja. *C. adriatica* dolazi najčešće u znatnijim količinama na dubinama većim od 3-4 m.

Određivanje biomase pojedinih vrsta cistozira. — Ispitivanja biomase pojedinih vrsta cistozira (vlažna težina na metru četvornom) pokazala su da biomasa koleba u odnosu na lokalitet, što je uvjetovano različitim ekološkim faktorima, u prvom redu o tipu supstrata, izloženosti mlatanju valova i dubini. Vrijednosti biomase pojedinih vrsta kolebale su u *C. barbata* od 1,22 do 9,30, u *C. abrotanifolia* od 5,20 do 10,45, u *C. spicata* od 3,90 do 14,00, u *C. adriatica* od 3,50 do 8,80 i u *C. crinita* od 3,86 do 8,00 kg/m². Budući da biomasa u pojedinih vrsta pokazuje i sezonska kolebanja nađene minimalne i maksimalne vrijednosti dosta su relativne, pa su srednje vrijednosti biomase bolji pokazatelji. Tako za *C. barbata* ta vrijednost iznosi 5,34, za *C. abrotanifolia* 7,24, a za *C. spicata* 8,63, za *C. adriatica* 8,07 i za *C. crinita* 5,55 kg/m². D. Z a v o d n i k (1967) je za područje Rovinja dobio ove vrijednosti: *C. abrotanifolia* 4,33, *C. barbata* 7,50 i *C. spicata* 9,37 kg/m².

Obnavljanje naselja. — U sklopu kompleksnih istraživanja vrsta cistozira naročita je pažnja posvećena studiju obnavljanja njihovih naselja. Kako su naseljavanje mladih biljaka i njihov rast osnove za izučavanje obnavljanja naselja, izvršena su u srednjem Jadranu istraživanja brzine rasta vrste *C. barbata*, Š p a n (1969 b i neobjavljeni rad). Svrha je tih istraživanja bila da se na temelju poznavanja brzine rasta višegodišnjih dijelova talusa (stabala) u mladih i starijih primjeraka, i poznavanja prosječnih dužina stabala u primjeraka iz tih naselja, pokuša barem približno odrediti vrijeme potrebno da se obnovi jedno naselje na određenom lokalitetu. Na osnovi dobivenih prosječnih vrijednosti godišnjeg prirasta stabala u mladih i starijih primjeraka i prosječnih duljina stabala u naseljima na istraživanim postajama, može se pretpostavljati da je za potpuno obnavljanje naselja vrste *C. barbata* u području srednjeg Jadrana potrebno približno 7-8 godina, a iznimno na nekim lokalitetima, koji nisu povoljni za razvoj ove vrste, i više od 10 godina.

Iako je potrebno izvršiti još mnoga istraživanja u naseljima cistozira, sigurno je da su te alge kako sa sistematskog i ekološkog, tako i s kvantitativnog aspekta, najbolje istražen rod bentoskih alga u Jadranu.

Na žalost, za većinu ostalih jadranskih alga još ne raspolažemo takvim podacima, koji bi nam mogli poslužiti u studiju mogućnosti iskorištavanja industrijsko značajnih vrsta. Uglavnom raspolažemo samo nekim, mogli bi reći, fragmentiranim podacima o lokaciji većih naselja nekih vrsta, zatim rijetkim i dosta nekompletnim podacima o vrijednostima njihove biomase na raznim područjima. Takvi podaci mogu nam poslužiti samo za početnu orijentaciju, a nikako za to da bi mogli zaključivati o njihovim količinama ili čak isplativosti njihove eksploatacije.

Kada se govori o mogućnostima korištenja nekih jadranskih alga za proizvodnju agara i agaroida (*Pterocladia capillacea*, *Gracilaria confervoides*, *Hypnea musiformis* i *Phyllophora nervosa*), misli se na to da se u svijetu te vrste u većoj ili manjoj mjeri iskorištavaju. Međutim, danas još ne raspolažemo potrebnim podacima o količinama tih alga i njihovoj distribuciji u Jadranu, ni točnijim podacima o sadržaju i kvalitetu filokoloida koje one sadrže.

Dosadašnja kvantitativna i ekološka istraživanja, koja su još nepotpuna, pokazala su da *Gracilaria* i *Pterocladia* na našim obalama rastu, u nešto većim količinama, samo na takvim lokalitetima (gradske luke i razni zaštićeni i eutrofizirani bazeni) koji po svojim ekološkim prilikama znatno odskakuju od onih koji su manje ili više normalni za istočnu obalu Jadrana. Ti lokaliteti se odlikuju vodom koja je obično mutnija, bogata organskim materijama i vrlo često je nešto nižeg saliniteta. Osim toga, te vrste uspijevaju na zaštićenim lokalitetima, naročito *Gracilaria confervoides*. Na osnovi iznesenih podataka može se reći da se *Gracilaria* i *Pterocladia* ubrajaju u tzv. nitrofilne alge. Podatke o bogatim naseljima, naročito gracilarije, u lagunama Venecije dali su još prije Martnes (1824) i Nardo (1853), a u novije vrijeme Minio i Spada (1949). O bogatim naseljima na području talijanske obale, od Goroa do Grada izvijestili su Simonetti i suradnici (1970). *Gracilaria* sa ovog područja danas se iskorištava za produkciju agara u Italiji. *Hypnea musiformis* je česta vrsta koja na našim obalama nikad ne čini bujnijih i opsežnijih naselja, već pomiješana s drugim algama dolazi na stjenovitoj obali neposredno uz površinu. Međutim, količine su te alge male i čini se ne dolaze u obzir za industrijsku eksploataciju. *Phyllophora nervosa* je dubinska alga koja najbolje uspijeva između 40 i 60 m dubine. Ponekad formira opsežna i bogata naselja (zasad su poznata nalazišta kod Dugog otoka i Mljet). Posebna kvantitativna istraživanja te vrste nisu vršena. Ercegović (1955) je na osnovi brojnih potraga koče procijenio naselja kod Dugog otoka na 60 do 90 tona *Phyllophora nervosa* i oko 170 tona *Vidalia volubilis* te 300 tona *Palmophyllum crassum*.

Uzgoj alga. — S obzirom na male količine pojedinih agarofita na našoj obali, najvjerojatnije ni jedna vrsta ne dolazi u obzir za intenzivniju eksploataciju. Međutim, pitanje je mogu li se neke vrste uzgajati u Jadranu. Na temelju sadašnjeg poznavanja biologije i ekologije jadranskih agrofita, za uzgajanje dolaze u obzir osobito *Gracilaria confervoides* i možda *Pterocladia capillacea*. Te vrste na zaštićenijim lokalitetima, gdje je voda bogata organskim tvarima, tvore dosta bujna naselja. Metode uzgoja alga su vrlo dobro razvijene, osobito u Japanu, gdje se uzgajaju brojne vrste. Uzgoj se vrši u plitkim i zaštićenim uvalama i lagunama u kojima postoje dobri uvjeti za fiksiranje spora i razvoj mladih klica. Spore, koje stvaraju biljke reproduktori u prirodnim ili laboratorijskim uvjetima, fiksiraju se na posebne naprave koje su postavljene u plitkoj vodi ili već u laboratoriju, pa se zatim prenesu na uzgajalište gdje se dalje razvijaju. Drugi, manje uspješan način uzgoja jest putem prenošenja dijelova talusa na uzgajališta i njihova razvoja u nove biljke koje slobodno leže na podlozi. Prva je metoda vrlo pogodna (za reprodukciju je potreban mali broj primjeraka) jer svaka biljka producira golem broj spora (spolnih i nespolnih koje se mogu razvijati do stadija klica) već na malom laboratorijskom prostoru. Možda bi ta metoda bila prikladna za eksperimentalan uzgoj gracilarije na našim obalama. Glavni problemi u uzgoju jesu: izbor pogodnih lokaliteta, njihovo uređenje za uzgajališta (povećanje priklad-

nog supstrata, zatvaranje nasipima, fertilizacija) laboratorijska produkcija mladih klica i njihovo prenošenje u uzgajališta.

Govoreći o mogućnostima uzgoja naših alga, nije nam namjera iznositi neka predviđanja o perspektivama toga poduzimanja ili čak o količinama uzgojem dobivenih alga, jer bi to bilo zasad preuranjeno. Potrebno je ipak naglasiti da se o uzgoju alga misli i planira u brojnim zemljama i da će opsežna uzgajališta alga u brojnim područjima biti realnost već u vrlo bliskoj budućnosti.

Istraživanja kemijskog sastava alga

Kemijski sastav jadranskih alga dosta je slabo poznat, što je svakako velik nedostatak ne samo u istraživanjima mogućnosti njihova iskorištavanja već i u studiju i određivanju njihove uloge kao producenta organske materije u moru. Prva istraživanja sadržaja nekih sastojaka izvršena su na jadranskim algama još u prošlom stoljeću, kada su *Vierthaler* (1867) i *Dražević-Jelić* (1874) ispitujući sadržaj joda u nekim zelenim, smeđim i crvenim algama ustanovili da su one u tom pogledu dosta bogate. Poslije su *Klas* (1932) i *Čmelik* (1948) istražujući sadržaj joda u raznim algama dobili različite rezultate. Prema prvom autoru one ne sadržavaju joda, a prema drugom one ga sadrže, a neke čak i obiluju njime. U zadnje vrijeme su sadržaj joda i njegovo sezonsko kolebanje izučavali *Munda* (1962) te *Pertoldi* i suradnici (1967). Istraživanje količine manitola vršili su *Čmelik* i *Morović* (1950) te poslije *Munda* (1962). Kolebanja sadržaja algijske kiseline u smeđim algama istraživali su *Demšić* i suradnici (1961), *Munda* (1962 i 1964), *Cerma* i suradnici (1968) te *Rudnički-Zavodnik* (1971). Ispitivanje sadržaja i kvaliteta agara u nekih crvenih alga vršili su *Maldura* (1947), *Čmelik* (1950) te *Bruni* i suradnici (1979).

Značajna istraživanja sezonskog i geografskog kolebanja kemijskog sastava nekih važnijih smeđih jadranskih alga izvršila je *Munda* (1962). Analizom su obuhvaćeni sadržaj pepela, klora, joda, manitola, masti, bjelančevina, algijske kiseline, fenola, vitamina i u eteru topive tvari. Osim toga na svježem materijalu istraživao je sadržaj pigmenta klorofila i karotina. Značajan doprinos poznavanju kemijskog sastava po jedne zelene i smeđe te dviju crvenih alga dala je *Rudnički-Zavodnik* (1971), koja je obradila kolebanje vode, pepela, manitola, bjelančevina, u eteru topivih tvari, algijske kiseline, kalcija, totalnog fosfora, klora te klorofila i karotinoida. Sadržaj manitola u mješavini dvadesetak vrsta ispitivali su *Favreto* i suradnici (1970). *Škare* i *Topalović-Aramov* (1967) ispitivale su sadržaj 1-askorbinske kiseline u 25 vrsta pridnenih alga. Na idućim ćemo stranicama ukratko prikazati rezultate navedenih istraživanja, odnosno dati podatke o količinama nekih važnijih komponenata sadržanih u istraživanim jadranskim algama.

Algijska kiselina. — *Demšić* i suradnici (1961) ispitujući optimalne uvjete izolacije algijske kiseline iz nekoliko vrsta smeđih alga utvrdili su da su količine algijske kiseline najveće u *Cystoseira brabata* (23,1%), nešto manje u *C. abrotanifolia* (21,7%) i *C. spicata* (19,7% suhe težine).

Količina algijske kiseline prema istraživanjima *Munde* (1962) bila je veća kod predstavnika reda Fucales nego kod Dictyotales, a dosta niske vrijednosti dobivene su u vrsta reda Punctariales. Najviši iznos, 30% suhe težine, nađen je kod *Laminaria rodriguezii*. U primjeraka cistozira s područja Splita,

a slično je i kod onih sabranih kod Rovinja, utvrđena su sezonska kolebanja u sadržaju alginse kiseline. Najniži sadržaj nađen je u toku zime i ranom proljeću, značajan porast utvrđen je u svibnju, a najviši iznos je bio u toku ljeta. Opadanje količine u jesen slabije je izraženo u primjeraka iz Rovinja nego u onih iz Splita. Minimalne i maksimalne količine alginse kiseline u primjeraka iz Rovinja odnosno Splita iznosile su u *Cystoseira barbata* 17,7, odnosno 19,0 i 24,7, odnosno 24,2 g na 100 g suhe tvari; u *C. abrotanifolia* 18,4 odnosno 20,7 i 23,3, odnosno 24,9; u *C. spicata* 15,2 i 24,1 (samo za Split); u *Fucus virsoides* 17,6 odnosno 19,1 i 24,3, odnosno 24,3. Munda (1964) je izvršila ispitivanje kakvoće i količine alginse kiseline izolirane različitim metodama (potencijometrijska, manometrijska, gravimetrijska, i metoda Ca acetata). Manometrijska metoda je dala nerearno visoke rezultate dok su ostale metode dale realnije rezultate, jer su se isti dobro slagali, osobito za vrste roda *Cystoseira* u vrstu *Sargassum vulgare*, a slabije za druge istraživane vrste. Ta istraživanja su pokazala da je alginse kiselina izolirana iz *Laminaria rodriquezzi* najboljeg kvaliteta (vlaknasta struktura, bijela boja i relativno visok viskozitet), dok je izolat dobiven iz drugih istraživanih vrsta manje kvalitetan (nizak viskozitet, svjetlosmeđa boja i disperzija u amornim pertikulima).

Prema podacima Rudnički-Zavodnik (1971) kolebanja alginse kiseline u *Fucus virsoides*, koji je bio sabran na trima različitim lokalitetima, vrlo su velika (razlike između minimalnih i maksimalnih vrijednosti iznosile su više od 6%). Maksimalne vrijednosti na trima lokalitetima iznosile su 25,72 (u prosincu), 22,24 (u prosincu) i 25,97 (u studenom), a minimalne na te tri postaje (u ožujku) 19,46, 16,31 i 19,25% suhe težine.

Agar i agaroidi. — Ispitivanja količine i kvalitete agara u jadranskim crvenim algama malobrojna su i nedovoljna. Italija je, prema podacima Mالدure (1947), započela s proizvodnjom ovog produkta već 1942. godine, i to iz vrste *Gracilaria confervoides*. Prema podacima koje je dobio Čmelik (1950 b) najvrednija je vrsta *Pterocladia capillacea* koja sadrži agara oko 25% suhe težine. *Hypnea musciformis* sadrži visok iznos od oko 35% agaroidne tvari (tzv. hipneana). Znatno manji značaj ima vrsta *Phyllophora nervosa* koja prema navodima istog autora sadrži samo oko 10% agaroidne tvari. Detaljniji studij agara iz *Gracilaria confervoides* dali su Brun i suradnici (1970). Oni su izučavali utjecaj različitog načina prethodne obrade alga na količinu i neke kvalitetne osobine ekstrakta, kao što su temperatura gelifikacije, ukrućivanje, sadržaj vlage, površinska napetost i viskozitet. Najveće količine (63,7% suhe težine) slabijeg kvaliteta dobivene su uz prethodnu obradu s destiliranom vodom, znatno manje (35,9%) ako alga nije prethodno obrađivana, a najmanje količine (13,01%) najboljeg kvaliteta ako je alga prethodno obrađena s natrijevim karbonatom. Na osnovi svojih fizičko-kemijskih osobina dobiveni se agar može, prema japanskim normama, svrstati u treću grupu, a isto tako prema normama ASTM, u grupu agara za medicinsku upotrebu.

Manitol. — Čmelik i Morović (1950) ispitivali su sadržaj manitola u nekim smedim vrstama alga i iznijeli mišljenje da su njegove količine u jadranskim algama znatno niže nego u sjeveroatlantskim. Oni su u pojedinim vrstama cistozira dobili relativno niske maksimalne vrijednosti, koje su iznosile 4,95 (*C. abrotanifolia*), 4,82 (*C. barbata*) i 5,17% (*C. spicata*) suhe težine. Kasnija istraživanja, koja su izvršili Munda (1962) i Rudnički-Zavodnik (1971), pokazala su da je sadržaj manita u raznim jadranskim algama veći i da se njegov sadržaj znatno koleba u toku godine. Tako je Munda utvrdila

da vrste iz srednjeg Jadrana sadržavaju minimalne iznose u ranom proljeću, izrazit porast u ljetnim mjesecima, a dosta visoke iznose u jesen. U primjeraka iz srednjeg Jadrana vrijednosti su kolebale od 1,22 do 10,00% (*C. spicata*), od 2,31 do 15,11 (*C. barbata*) i od 3,33 do 9,50% (*C. abrotanifolia*). U cistozira iz sjevernog Jadrana dobivena su manja kolebanja jer su maksimalne vrijednosti bile nešto niže, a minimalne nešto više. Rudnički-Zavodnik je našla u vrste *Porphyra leucosticta* i *Wrangelia penicillata* niske vrijednosti koje su kolebale od 1,75 do 4,56 u prve i od 0,51 do 2,56% suhe težine u druge.

Bjelančevine. — Sadržaj bjelančevina u nekim jadranskim algama pokazuje, prema istraživanjima Munde (1962) i Rudnički-Zavodnik (1971), znatna kolebanja tijekom godine. Maksimalne vrijednosti dobivene su redovito u vrijeme intenzivnog rasta talusa. Od istraženih cistozira Munda je u *Cystoseira spicata* našla najviši sadržaj od 10,5, a najmanji 6,5% suhe težine, u *C. barbata* kolebanje se kretalo u granicama od 9,2 do 5,4, a u *C. abrotanifolia* od 9,4 do 4,8%. U vrste *Fucus virsoides* dobivene su najveće vrijednosti sadržaja koje su kolebale od 11,8 do 9,0%. Predstavnici reda Dictyotales sadržavali su više bjelančevina od Fucales, s maksimalnim vrijednostima u ožujku 13,6% (*Dictyota dichotoma*) i 13,9 (*Dictyopteris polypodioides*). Rudnički-Zavodnik (1971) je utvrdila da su sezonska kolebanja, kao i kolebanje u odnosu na lokalitet u *Ulva lactuca* znatna. U vrijeme rasta (u siječnju) nađene su maksimalne vrijednosti bjelančevina (29,70%) koje su već u svibnju pale na 12,18% (uvala Valdibora). U primjeraka iz uvale Lone najviše vrijednosti nađene su u travnju (22,13%) da bi već u idućem mjesecu i nakon fruktifikacije pale na 9,63%. Vrsta *Porphyra leucosticta*, prema istom autoru, sadrži maksimalne vrijednosti (27,1) na početku razvoja (u veljači), a minimalne (16,93%) na kraju vegetacijskog razdoblja (u lipnju). Minimalne količine u *Wrangelia penicillata* nađene su, za razliku od drugih istraženih vrsta, na početku vegetacijskog perioda (u srpnju), da bi se u toku razvoja sadržaj postepeno povećavao i postigao maksimalne vrijednosti (29,4%) u vrijeme fruktifikacije i prije ugibanja.

Masti. — Istraživanja sadržaja masti u jadranskim algama vrlo su rijetka, odnose se samo na mali broj vrsta. Prema podacima Munde (1962) sadržaj masti u nekim istraženim jadranskim smeđim algama dosta varira. U cistozira iz srednjeg Jadrana minimalne količine nađene su u toku ljeta i jesen, a iznosile su ispod 1 g/100 g suhe težine (0,20 g u *C. barbata*, 0,80 g u *C. crinita*). Maksimalne su nađene zimi (2,58 u *C. barbata*, 2,11 u *C. spicata* i 1,50 u *C. abrotanifolia*). Od ostalih istraženih alga *Fucus virsoides* sadrži najviše iznose masti s minimumom u proljeću (2,21 g) i maksimum u jesen (6,68 g). U *Dictyopteris polypodioides* i *Halopteris scoparia* nađen je najmanji sadržaj masti koji je kolebao od 1,19 do 2,03 u prve i od 0,64 do 2,03 g suhe težine u druge vrste.

Pigmenti i vitamini. — Preliminarna istraživanja pigmenata izvršena su na nekim smeđim jadranskim algama, Munda (1962). Utvrđeni su klorofil i neki predstavnici grupa karotinoida (karotin, fukoksantin, neofukoksantin i violaksantin). Količine pojedinih pigmenata izražene u miligramima na kilogram suhe tvari u pojedinim vrstama cistozira bile su dosta različite. U *Cystoseira abrotanifolia* utvrđeno je 720 klorofila, 443 fukoksantina, 73 karotina i 72 violaksantina; u *C. barbata* za iste pigmente 703, 300, 66 i 65; u *C. spicata* 795, 605, 111 i 97 mg/kg suhe tvari. *Dictyota dichotoma* i *Dictyopteris polypodioides* sadržavale su najviše pigmenata od svih istraženih vrsta i to 1381 i 1276 mg

klorofila, 1056 i 815 mg fukoksantina, 245 i 176 mg karotina i 170 i 104 mg violaksantina. U vrste *Porphyra leucosticta* sadržaj klorofila, prema podacima Rudnički-Zavodnik (1971), kolebao je od 2,04 do 1,7 mg/g suhe težine (uvala Valdibora), a u primjeraka iz Limskog kanala od 5,59 do 4,05 mg. U *Wrangelia penicillata* sadržaj klorofila varirao je od 1,8 do 0,37 mg/g suhe tvari. U *Ulva lactuca* sadržaj klorofila a+b varirao je u odnosu na sezonu i na lokalitet pa je iznosio od 7,36 do 1,76 (u. Valdibora), od 7,94 do 1,96 (u. Lone) te od 7,31 do 5,41 (Limski kanal) mg/g. Količina karotinoida u te vrste je na istim lokalitetima varirala od 2,97 do 0,31, od 3,12 do 0,58 i 1,99 do 1,03 m SPU jedinica. U *Porphyra leucosticta* sadržaj karotinoida iznosio je 2,61 do 1,65 (u. Valdibora) i od 4,95 do 3,95 (Limski kanal), dok su u *Wrangelia penicillata* ta kolebanja iznosila od 2,74 do 0,47 m SPU jedinica / g suhe težine.

Preliminarna ispitivanja vitamina, Munda (1962), pokazala su da sve istraživane jadranske smeđe alge sadrže vrlo visoke količine askorbinske kiseline. Tako npr. *Cystoseira abrotanifolia* 205 mg/100 g suhe težine, *C. barbata* 132, *C. spicata* 112 te *Fucus virsoides* 219, *Dictyota dichotoma* 205 i *Dictyopteris polypodioides* 188. Sadržaj biotina također je dosta visok u predstavniku Fucales (od 0,07 do 0,21 mg/g suhe težine), dok se u predstavniku reda Dictyotales javlja u tragovima. Obratno, količine niacina bile su znatno veće u Dictyotales (79-78 mg/g suhe težine) nego u Fucales, gdje je u pojedinim vrsta cistozira varirao od 11 do 49 mg/g suhe težine. Škare i Topalović-Avrarmov (1967) ispitale su sadržaj askorbinske kiseline u 25 jadranskih pridnenih alga i utvrdile da je sadržaj tog vitamina najveći u smeđih alga (od 22,87 do 1080,42 mg%), a znatno manji u crvenih (od 7,85 do 53,87 mg%) i zelenih (od 1,70 do 92,05 mg%). U većine istraženih alga opaženo je da mladi dijelovi sadrže znatno više vitamina C od starijih.

Sadržaj pepela. — Prema podacima, Munda (1962), sadržaj pepela u pojedinim smeđim algama je dosta visok i kod raznih vrsta cistozira koleba od 29,5 — 30,2 do 44,6 — 45,1. Najviši iznosi su nađeni kod *Laminaria redriguezii* 53,9, *Padina pavonia* 62,9 do 70,9 i *Halopteris scoparia* 44,0 do 61,2%. Sadržaj u *Fucus virsoides* je bio niži 24,5 do 33,7%. U vrsta iz srednjeg Jadrana sadržaj pepela smanjuje se u toku zime i proljeća i postiže minimum u lipnju, dok su u vrsta iz sjevernog Jadrana minimalne količine pepela u svibnju i lipnju, u porastu su ljeti, a ponovno se smanjuju u jesen. Minimalne vrijednosti nađene su kod cistozira u vrijeme kada je talus u punom razvoju, a maksimalne u višegodišnjim dijelovima talusa koji preostanu nakon prestanka vegetacijskog perioda. Nešto niže vrijednosti za vrstu *Fucus virsoides* (sabranu na tri ma lokalitetima) dobila je Rudnički-Zavodnik (1971). Najniže vrijednosti nađene su u kolovozu 14,7% (u. Lone), a najviše u veljači 23,30% (u. Favorsa), ožujku 23,50% (u. Valdibora) i u travnju 21,55% (u. Lone). I ovdje sadržaj pepela opada s rastom alga. Isti autor dobio je podatke i za vrste *Ulva lactuca*, *Porphyra leucosticta* i *Wrangelia penicillata*. Kod *Ulva lactuca* su rast i sadržaj pepela u korelaciji. U primjeraka čiji rast započinje u siječnju ili veljači, sadržaj pepela dostiže maksimum u svibnju i lipnju (25,70% i 24,98%), a zatim opada paralelno s propadanjem talusa, da bi najmanje količine sadržavali na početku samog rasta odnosno ugibanja (4,96%). Primjerci ulve iz obalnih lokvica koji se razvijaju početkom srpnja imaju niže maksimalne (24,98%) i minimalne (14,70%) vrijednosti od primjeraka iste vrste u uvali Lone (25,72% i 20,50%). Kolebanja sadržaja pepela u crvene alge *Porphyra leucosticta* tijekom vegetacijskog perioda vrlo su mala te variraju u primje-

raka iz Limskog kanala od 9,25 do 7,95%. Više vrijednosti nađene su u primjeraka iz u. Valdibora i to 11,28 i 10,10%. Ta kolebanja nisu velika ni u crvene alge *Wrangelia penicillata*, ali su nađene razlike u pojedinim godinama. Tijekom 1968. sadržaj pepela kolebao se između 20,00 i 26,00% dok je u 1970. godini bio znatno viši i kolebao se od 36 do 28%. Prema ispitivanjima Rudnički-Zavodnik (1971) sadržaj vode u istraživanim vrstama (*Ulva lactuca*, *Fucus virsoides*, *Porphyra leucosticta* i *Wrangelia penicillata*) znatno se koleba u toku godine, ali i u odnosu na lokalitet. Tako su u vrste *Fucus virsoides*, iz uvale Faborsa, kolebanja iznosila od 70,8 (u studenom) do 83,70% (u ožujku); u vrste *Ulva lactuca* su najviše vrijednosti (85,70) dobivene u primjeraka iz uvale Valdibora, a najniže (80,40%) u primjeraka iz Limskog kanala. U vrste *Porphyra leucosticta* sadržaj vode je ponekad vrlo visok (91,0%) da bi prije ugibanja pao na 82%. *Wrangelia penicillata* sadržavala je najviši postotak vode koji je kolebao od 94 do 84%.

Istraživanje fotosintetske aktivnosti i produkcije bentoskih alga

Fotosinteza bentoskih alga je vrlo slabo i malo istraživana, ne samo u nas nego i općenito u svijetu. Studij fotosintetske aktivnosti pojedinih vrsta koji bio obuhvatio cijeli vegetacijski period izvršen je dosad na vrlo malom broju vrsta. U Jadranu je istraživanje fotosintetske aktivnosti bentoskih alga vršilo nekoliko istraživača. Pomoću O_2 metode pratili su fotosintetsku aktivnost Lausi i suradnici (1967), a poslije je Pignatti (1968) pomoću O_2 i CO_2 izučavao produkciju bentoske vegetacije u Tršćanskom zaljevu. Gessner (1969) je istraživao fotosintetsku aktivnost u dvije smeđe alge, a Hammer (1968) je izučavala odnose svjetla, saliniteta i fotosinteze u dvije alge i jedne cvjetnice. U novije je vrijeme Rudnički-Zavodnik (1971) izvršila istraživanja fotosintetske aktivnosti i produkcije u četiri pridnene alge (*Fucus virsoides*, *Porphyra leucosticta* i *Wrangelia penicillata*). U toku dužeg vremenskog perioda (1969—1970) istraživala je na tri stalne postaje te procese koristeći se kisikovom metodom svijetlih i tamnih boca. Istodobno je pratila fotosintetsku aktivnost u laboratorijskim uvjetima. Istraživanjima je utvrđeno da u vrste *Fucus virsoides* postoje dva razdoblja i to ljetno-jesenski s maksimalnim i zimsko-proljetni s minimalnim vrijednostima fotosinteze. U naselju fukusa, prosječne gustoće naselja 615,06 g/m² suhe težine, dnevna neto-proizvodnja je iznosila 4,02 g C/m². Sezonske oscilacije fotosintetske aktivnosti bile su vrlo izražene na istraživanim stanštima, a najviše su se podudarale s promjenama svjetlosti, dok je ovisnost o temperaturi i hranjivim solima manje izražena.

Dnevna neto-proizvodna naselja *Ulva lactuca* na lokalitetima u. Lone i u. Valdibora prosječne gustoće naselja 150 g/m² suhe težine iznosila je 4,48 g C/m², dok je ta vrijednost u naselju gustoće 78 g/m² suhe težine u Limskom kanalu bila nešto manja i iznosila 3,92 g C/m². To znači da je ovo drugo, iako rjeđe naselje, fotosintetski aktivnije.

Fotosintetska aktivnost u vrsta *Porphyra leucosticta* bila je u najvećoj mjeri vezana za promjenu intenziteta svjetla i sadržaja hranjivih soli. Dnevna neto-proizvodnja naselja gustoće 9,85 g/m² suhe težine iznosila je 0,66 g C/m² što je jednako najvišim vrijednostima dobivenim u naseljima kalifornijske porfire, Blinks (1955).

ZAKLJUČCI

1. Upotreba alga kao važne sirovine iz koje se dobivaju visokovrijedni proizvodi dostigla je velike razmjere u svijetu, osobito u nekim zemljama (Japan, Meksiko, Argentina, Kanada, SAD, Škotska, Norveška, Španjolska). Najvažniji proizvodi koji se danas dobivaju iz alga jesu razni fikokoloidi (osobito agar i algin). Intenzivnija novija istraživanja pokazala su da alge i ostali brojni njihovi sastojci imaju veliku ekonomsku važnost, bilo da se koriste kao vrlo cijenjena dopunska hrana ljudi, odnosno kao pogodno krmivo za stoku. Postoje nadalje značajne mogućnosti njihove upotrebe kao efikasnog gnojiva u poljoprivredi i za proizvodnju raznih ljekovitih i bioaktivnih tvari. Danas se alge najvećim dijelom sabiru na njihovim prirodnim staništima, ali se »žetva« komercijalno važnih vrsta nastoji još povećati njihovim uzgojem na plićim područjima uz obalu, kao što se to od davnine radi u nekim dalekoistočnim zemljama, osobito u Japanu.

2. Dosadašnja istraživanja količina, biomase i rasprostranjenosti bentoskih alga u Jadranu, kao i njihove fiziologije, idioekologije te kemijskog sastava, posebno sadržaja nekih njihovih visokovrijednih sastojaka (algina, agara, agaroida, bjelančevina, masti, vitamina i drugih konstituenata), još su nedovoljna i uglavnom imaju preliminarno značenje.

3. Istraživanja naselja bentoskih alga pokazala su da su ona u kvalitativnom pogledu bogata, a u kvantitativnom relativno siromašna.

4. Mogućnosti intenzivnijeg industrijskog iskorištavanja jadranskih alga dosta su male i uglavnom ograničena na eventualnu upotrebu kao gnojivo u poljoprivredi, kao dopunska hrana domaćih životinja te u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji.

5. Međutim, prije nego što se donesu bilo kakvi zaključci i dadu sugestije o svim mogućnostima i isplativosti iskorištavanja naših alga, potrebno je izvršiti intenzivan višegodišnji studij kakvoće i količine fitobentoske biomase.

6. Potrebno je nastaviti i znatno proširiti započeta istraživanja o količinama, biomasi, biologiji, idioekologiji, rastu i obnavljanju naselja, fotosintetskoj aktivnosti i primarnoj produkciji nekih, u ekonomskom i ekološkom smislu, važnijih vrsta.

7. Osobito je važno izvršiti svestrane analize kemijskog sastava, koji će obuhvatiti njegova sezonska i ekološka kolebanja u pojedinim značajnim vrstama, a osobito pažnju je potrebno obratiti na istraživanje bioaktivnih tvari u algama.

8. Studiju, za početak, eksperimentalnog uzgoja nekih agarofilnih vrsta treba dati posebno mjesto u budućim istraživanjima.

9. Izvršenje navedenih kompleksnih istraživanja nije važno samo iz praktičnih razloga, jer će pridonijeti boljem uočavanju mogućnosti svestranog iskorištavanja alga, već će istodobno omogućiti i bolje poznavanje nekih bitnih pitanja vezanih za studij uloge bentoskih alga i morskih cvjetnica kao glavnih producenata organske tvari u plićem području mora i kao osnovne komponente u važnim životnim zajednicama tog područja.

BIBLIOGRAFIJA

- Almodovar, L. R. 1964. Ecological Aspects of some Antibiotic Algae in Puerto Rico. *Botanica Marina*, 6, 1—2, pp. 143—146.
- Blinks, L. R. 1955. Photosynthesis and productivity of littoral marine algae. *J. Mar. Res.*, 14, pp. 363—373.
- Booth, E. 1969. The manufacture and properties of liquied seaweed extract. *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 6, pp. 655—662.
- Bruni, G., L. Coassini-Lokar, T. Audoli-Tamburini, 1970. L'agar della *Gracilaria confervoides*. Nota II. CNR — Programma di ricerca sulle risorse marine e del fondo marino, B, 49, pp. 1—15.
- Burkholder, R. P., L. M. Burkholder, L. R. Almodovar, 1960. Antibiotic Activity of some Marine Algae of Puerto Rico. *Botanica Marina*, 2, 1—2, pp. 149—156.
- Cerma, E., Bardel, M. Chimenti, 1968. Ricerche sull'acido alginico dell *Fucus virsoides*. *Bolletino della societa Adriatica di science*, Trieste, 56, 2, pp. 226—233.
- Champan, V. Y. 1950. Seaweeds and their uses. Methuen et Co LTD. London, 1—287 p.
- Čmelik, S. 1948. O sadržaju joda u nekim jadranskim algama. *Acta adriat.*, 3, 6, pp. 125—156.
- Čmelik, S. 1950. O upotrebljivosti nekih jadranskih alga za izradu agara. *Acta Pharmaceutica Jugoslavica*, 1, pp. 63—66.
- Čmelik, S., D. Morović, 1950. O sadržaju manita u nekim feoficejama Jadrana. *Arhiv za kemiju*, 22, pp. 228—235.
- Demšić, N., V. Trampetić, V. Dim-Zajec, 1961. Ispitivanje optimalnih uvjeta izolacije alginke kiseline iz alga Jadranskog mora. *Acta Pharmaceutica Jugoslavica*, 11, 1—2.
- Dražević-Jelić, J. 1874. Estrazione del Jodio delle alghe marine dalmate analizzate allo scopo di promuovere l'erezione d'una fabbrica fra noi. *Izvjescia Velike realke u Splitu*.
- Druehl, L. D. 1972. Past present and future of seaweed industry. *Underwater Journal and Information Bulletin*, 4, 5, pp. 182—191.
- Ercegović, A. 1948. Sur quelques algues Pheophycees peu connues ou nouvelles récoltées dans le bassin de l'Adriatique moyenne. *Acta adriat.*, 3, 5, pp. 1—33.
- Ercegović, A. 1952. Jadranske cistozire (Sur les cystoseira adriatiques). *Fauna i flora Jadrana*, 2, pp. 1—212.
- Ercegović, A. 1955 a. contribution à la connaissance des ectocarpes (*Ectocarpus*) de l'Adriatique moyenne. *Acta adriat.*, 3, 5, pp. 1—74.
- Ercegović, A. 1955 b. Contribution à la connaissance des phéophycées de l'Adriatique moyenne. *Acta adriat.*, 7, 6, pp. 1—49.
- Ercegović, A. 1955 c. O mogućnostima industrijskog iskorištavanja naših morskih alga. *Morsko ribarstvo*, 11, pp. 3—9.
- Ercegović, A. 1956. Famille des Champiacees (*Champiaceae*) dans l'Adriatique moyenne. *Acta adriat.*, 8, 2, pp. 1—63.
- Ercegović, A. 1957. La flore sous-marine de l'ilot de Jabuka. *Acta adriat.*, 8, 8, pp. 1—130.
- Ercegović, A. 1960. Značajne crte vegetacije alga Jadranskog mora (Quelques traits caractéristiques de la végétation des algues de l'Adriatique. *Acta Bot. Croat.*, 18/19, 2, pp. 17—36.
- Ercegović, A. 1963. Prilog poznavanju nekih rodova crvenih alga u Jadranu (Contribution à la connaissance de quelques genres d'algues rouges de l'Adriatique). *Acta adriat.*, 10, 5, pp. 1—54.
- Ercegović, A. 1960. Pogled na floru i ekologiju plitkovodne vegetacije alga u srednjem Jadranu. *Acta Biolog. Jugosl.*, Ekologija, 1, 1—2, pp. 55—75.
- Favretto, L., G. P. Marletta, B. Stancher, L. F. Gabrielli, 1970 Metalli nelle alghe del Golfo di Trieste NCR — Programma di ricerca sulle risorse marine e del fondo marino, B. 49. pp. 17—23.
- Gessner, F. 1969. Photosynthesis and ion loss in the brown algae *Dictyopteris membranacea* and *Fucus virsoides*. *Mar. Biol.*, 4, 4, pp. 349—351.

- Hammer, L. 1968. Salzgehalt und Photosynthese bei marinen Pflanzen. *Mr. Biol.*, 1, 3, pp. 185—190.
- Hauck, F. 1885. Die Meeresalgen Deutschlands und Österreichs. Rabenhorst's Kryptogamenflora, 2. Aufl., 2. Leipzig, 1—575 p.
- Jensen, A., H. Nebb, E. A. Saeter, 1968. The value of Norwegian seaweed meal as a mineral supplement for dairy cows. *Norwegian Inst. Seaweed Res. Rept.* 32, pp. 1—35.
- Klas, Z. 1932. Quelques remarques sur la présence du iode chez les algues adriatiques, *Acta Bot.*, 7.
- Lausi, D., G. Cristofolini, M. Tarabocchia, P. De Cristini, 1967. Attività fotosintetica di alghe marine nella grotta delle Viole. (Isola S. Domino-Tremiti) *Giorn. Bot. It.*, 101, 3, pp. 167—178.
- Levring, T., A. Hoppe, J. Schmid, 1969. Marine algae — A survey of research and utilization. Ed. Cram, de Gruyter et Co., Hamburg, 1—391 p.
- Lorenz, J. R. 1863. *Physicalische Verhältnisse und Vertheilung der Organismen im Quarnerischen Golfe*. K. K. Staatsdruck, Wien, 1—379 p.
- Maldura, C. 1947. Caratteristiche fisiche e chimiche dell' agar italiano ed orientale. *Bollet. di pesca etc.* A. 23, 2.
- Martens Von, G. 1824. *Reise nach Venedig*.
- Minio, M., N. Spada, 1949. Distribuzione e polimorfismo di *Gracilaria confervoides* (L.) Grew., Istituto di studi adriatici, Venezia, 3, pp. 1—20.
- Munda, I. 1960. On the seasonal distribution of the benthonic marine algae along the northeastern coast of the Isle Krk. *Nova Hedwigia*, 2, 1—29, pp. 193—242.
- Munda, I. 1962. Geographical and seasonal variations in chemical composition of some adriatic brown algae. *Nova Hedwigia*, 4, 1—2, pp. 263—274.
- Munda, I. 1964. Kvantiteta alginse kisline u jadranskih rjavih algah. *Acta adriat.*, 11, 42, pp. 205—213.
- Nadal Martinez, N. G. 1961. A note on the antibiotic properties of *Sargassum natans* from Puerto Rico. *J. Amer. Pharm. Assoc. Sci. Ed.* 50, p. 356.
- Nadal Martinez, N. G., L. Rodriguez, C. Casillas, 1964. Isolation and characterization of sarginin complex — a new broad — spectrum antibiotic isolated from marine algae. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, pp. 131—134.
- Nardo, G. D. 1853. Notizie sullo *Sferococco confervoides* delle venete lagune e sugli usi medici economici dello stesso. Venezia.
- Pertoldi-Marletta, G., L. Favretto-Gabrielli, 1970. Il contenuto di fluoro, cloro, bromo e iodio di alcune *Phaeophyceae* e *Rhodophyceae*. CNR — Programma di ricerca sulle risorse marine e del fondo marino, B. 24.
- Pignatti, S. 1968. Recherches sur la productivité de la végétation benthique dans le golf de Trieste. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 19, 2, 209—211.
- Printz, H. 1959. Investigations of the failure of recuperation in cropped *Ascophyllum* areas. *Avhandl. Utgitt Det Norske Vidensk.-Akad. Oslo*, I Mat.-Naturv. Klasse, 3, pp. 1—15.
- Rudnički-Zavodnik, N. 1971. Ekološka i fiziološka ispitivanja na bentoskim morskim algama u okolici Rovinja, Disertacija, Institut »Ruder Bošković« — Zagreb, Centar za istraživanje mora, Rovinj, pp. 1—159.
- Schiffner, V. 1931. Neue und bemerkenswerte Meeresalgen. *Hedwigia*, 71.
- Schiffner, V. 1933. Meeresalgen aus Süd-Dalmatien. *Österr. bot. Zeitschr.*, 82.
- Shirahama, K. L. 1942. *J. Fac. Agr. Hokaido Imp. Univ.*, 49, pp. 1—93.
- Simonetti, G. 1970. The seaweed *Gracilaria confervoides*, an important object for autecologic and cultivation research in the northern Adriatic Sea. *Helgoländ. wiss. Meeresunter.*, 20, pp. 39—96.
- Stoloff, L. 1962. *Algal Classification — An Aid to Improved Industrial Utilization*. *Ec. Bot.*, 16, 2, pp. 89—96.
- Stoloff, L., P. Silva, 1957. An Attempt to Determine Possible Taxonomic significance of the Properties of Water Extractable Polysaccharides in Red Algae. *Ec. Bot.*, 2, 4, pp. 327—330.
- Škare, M., R. Topalović-Avramov, 1967. Sadržaj 1 — askorbinske kiseline u nekim jadranskim algama. *Hrana i ishrana*, 8, 11—12, pp. 719—724.
- Špan, A. 1964. Preliminarna kvantitativna ispitivanja cistozira u okolici Splita. *Acta Adriat.*, 11, 34, pp. 255—260.

- Špan, A. 1969 a. Some observations on the growth rate and growth rhythm of species *Cytoseira barbata* J. Ag. in the Adriatic. Jugoslav. Akad. znanosti i umjetnosti, *Thalassia Jugoslavica*, 5, pp. 337—344.
- Špan, A. i suradnici, 1969 b. Ekološka istraživanja Marinskog zaljeva s obzirom na umjetnu fertilizaciju. Jugosl. Akad. znanosti i umjetnosti, *Thalassia Jugoslavica*, 5, pp. 55—56.
- Špan, A. 1969 c. Quantities of the most frequent cystoseira species and their distribution in the central and northern Adriatic. Proc. Int. Seaweed Symp., 6, pp. 383—387.
- Tseng, C. K. 1945. The Terminology of Seaweed Colloids. *Science*, 101, 2633, pp. 597—602.
- Vierthaler, A. 1867. Studio sulla fabbricazione del Jodio ed investigazioni analitiche sopra parecchie alge dalmate. *Izvješća Velike realke u Splitu*.
- Welch, A. M. 1962. Preliminary survey of fungistatic properties of marine algae. *J. Bacterial*, 83, pp. 97—99.
- Zavodnik, N. 1971. Fluctuation in photosynthetic activity and chemical composition in *Fucus virsoides* C. Y. Ag. 6th European Symposium on Marine Biology, Abstracts, p. 56.
- Zavodnik, D. 1967. Dinamika litoralne fitale na zahodnoistrski obali. *Rasprave. Slov. Akad. zn. umet., Razred. prir. mat.*, 10, 1, pp. 5—71.

POSSIBILITIES FOR ADRIATIC SEAWEED EXPLOITATION

Ante Špan

SUMMARY

The paper deals with World and Yugoslavian seaweed investigations. Short survey of the development of the investigations and exploitation of the seaweed in the world it has been stressed a great economic importance of the numerous brown and red algal species. Because of the increased demands toward seaweed utilization, in near future, a greater economic importance might be expected.

Survey of the obtained results regard to Adriatic seaweed, such as: idioecology, distribution, biomass, physiology, chemical composition as well as studies for their industrial exploitation purposes points out, that those investigations are preliminarily in character and insufficient.

As far as qualitative composition of the Adriatic seaweed settlements is concerned it has been stated their richness. On the contrary, quantitatively they are relatively poor for industrial exploitation unless as fertilizers in agriculture, domestic animal fodder, additional human food and pharmaceutical use.

Before any final conclusion of the potential possibilities of the Adriatic seaweed, author points out, necessity toward intensive and long-term investigations, especially taking in consideration qualitative and quantitative seaweed aspects. Such investigations should cover the seasonal and ecologically conditioned variations within the phytobenthonic biomass, involving in it quantity and chemical composition studies as well as floristic aspects.