

En god mikroalge er en stresset mikroalge

Hvad er mikroalger?

Alger er ikke en veldefineret gruppe af tætbeslægtede organismer. Af rent praktiske hensyn deler vi algerne op, baseret på deres størrelse, i makroalger og mikroalger. "Makro" betyder "stor" og makroalger er altså store alger, det vi også kalder tang. De er ikke fokus for denne historie. Det er derimod mikroalger, dvs. de små alger, da "mikro" betyder "lille". Mikroalger kan defineres som "mikroskopiske organismer, som laver fotosyntese, og som lever i vand". Den definition er der mange forskellige arter fra flere forskellige organismegrupper, der lever op til.

Figur 1 viser en udgave af "livets træ", som illustrerer, hvordan alle organismegrupperne er beslægtet. Der findes mikroalger i de 5 grupper, der er markeret med en stjerne. De er meget forskellige. Man kan se, at et menneske (dyr) er tættere beslægtet med en champignon (svampe) end fx to mikroalger fra hhv. Chlorophyta og Chromalveolata. Den store forskellighed inden for mikroalgerne er en vigtig pointe, da de forskellige grupper af or-

ganismer har forskellig biokemi. Mikroalger indeholder derfor potentielt mange forskellige stoffer, som kan have værdi for os som fx lægemidler eller kosttilskud. Vi regner med, at der findes mindst 75.000 forskellige arter af mikroalger, og arbejdet med at kortlægge deres indhold af anvendelige stoffer ("bioprospecting") er kun lige begyndt.

Anvendelse af mikroalger

Praktisk anvendelse af mikroalger er ikke noget nyt. Allerede i middelalderen benyttede bønder i Kina og Japan de kvælstoffikserende cyanobakterier som gødning ved at dyrke dem i de vanddækkede rismarker sammen med ris. I nyere tid, og i en mere industriel sammenhæng, blev man i 1970'erne bekymret for, om vi kunne dække behovet for protein til den voksende befolkning på jorden ved hjælp af konventionelt landbrug, og man begyndte derfor at undersøge muligheden for at producere proteinrig mikroalgebiomasse. Siden da er der blevet arbejdet med – og arbejdes stadig med – at producere

Forsker i mikroalger:



Praveen Ramasamy
adjunkt i miljøbiologi,
Roskilde Universitet

Forsker i brugen af algebiomasse til mad og foder - men også til biobrændstof, lægemidler og spildevandsrensning.

Udarbejdet af:

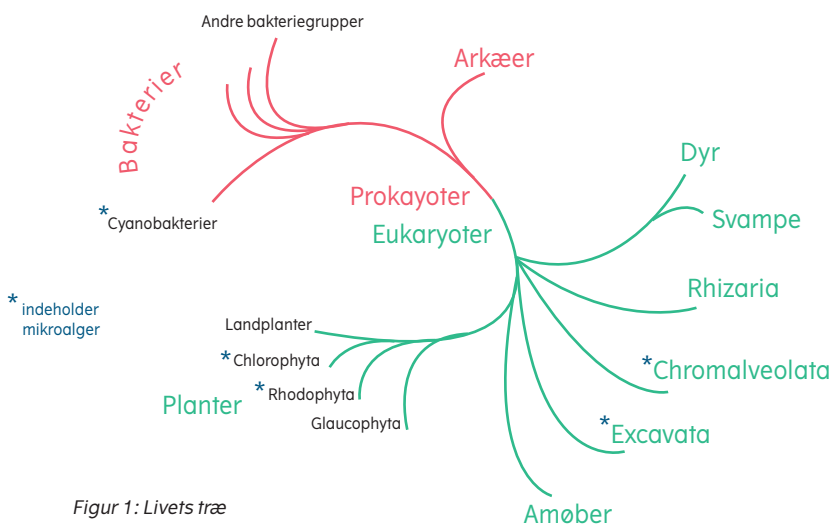
Søren Laurentius Nielsen, ph.d.
for Roskilde Universitet

Til denne artikel og om samme emne hører en film, et opgavesæt, en SRP/SOP-øvelse, et appendix, et oplæg og en karriereprofil. Se ruc.dk/undervisningspakke-mikroalger

Målgruppe: Elever i 2.G og 3.G i fagene Biologi og Bioteknologi.

Se filmen og lær mere om forskning i miljøbiologi på ruc.dk/undervisningspakke-mikroalger

Lær mere om dine karrieremuligheder inden for biologi ved at se filmen om Jonas, en RUC-kandidat, der nu arbejder med at udvikle nye metoder til at forbedre fiskeopdræt: ruc.dk/karriereprofil-jonas-hoejgaard



Figur 1: Livets træ





Figur 2: Dyrkning af mikroalger med forskellige teknikker. Yderst til højre og venstre to forskellige fotobioreaktorer, i midten en raceway pond.

forskellige ting fra mikroalgebiomasse, alt lige fra biodiesel over bioplast, dyrefoder, kosttilskud, indholdsstoffer til kosmetik og til lægemidler. Lige nu er situationen dog den, at der ikke produceres ret mange ting i stor skala baseret på mikroalger. Den største kommercielle produktion af mikroalgebiomasse er til kosttilskud såsom Chlorella og Spirulina, der kan købes i alle helsekostforretninger.

Produktion af mikroalger

Hvorfor er produktion af mikroalgebiomasse så ikke mere udbredt? Årsagen findes i produktionsomkostningerne. Den billigste måde at producere mikroalger på er i åbne damme – de såkaldte "raceway ponds" (figur 2 i midten). De er dog ikke særligt effektive og kan højst opnå produktiviteter på 25 gram biomasse per kvadratmeter pr. dag. Samtidig er de – fordi de er åbne – ekstremt sårbare over for kontaminering med uønskede bakterier, virus og zooplankton og også overfor fordampning.

En mere effektiv måde at producere alger på er de såkaldte fotobioreaktorer, som oftest har form af stativer med lange rør af gennemsigtigt glas eller plast, hvor algerne cirkulerer (figur 2 til højre og venstre). En fotobioreaktor er helt lukket og derfor beskyttet mod kontaminering, så det er den produktionsform, som man vil vælge til produktion af fx lægemidler. Samtidig er den mere effektiv end en åben dam og kan opnå en produktivitet på 1,5 kg biomasse per kvadratmeter per dag, altså i omegnen af 60 gange mere end i en raceway pond. Den er dog væsentligt dyrere at bygge og drive end en åben dam.

Lys er den begrænsende faktor

Forskellen i effektivitet mellem åbne damme og fotobioreaktorer skyldes netop den faktor som overordnet set begrænser effektiviteten ved produktion af mikroalgebiomasse: Lys. Mikroalgerne skal bruge lys til deres fotosyntese, men samtidigt skygger algerne mere og mere for hinanden, jo flere alger der kommer. I en

åben dam skal der være en vis vanddybde (normalt 20 – 40 cm), for at vandet kan pumpes rundt, og dammen ikke tørrer for hurtigt ud. Men det betyder en lav effektivitet, da algerne i toppen skygger for algerne ved bunden. I en fotobioreaktor bruges ofte rør med en diameter (= vanddybde) på blot 6 cm. Samtidigt kan fotobioreaktoren belyses fra flere sider og ikke kun oppefra, ligesom mikroalgerne blandes mere effektivt rundt end i en dam. Men selv her kan algerne til sidst skygge for hinanden.

Disse forhold sætter altså en øvre grænse for, hvor effektiv produktionen af mikroalgebiomasse kan blive (altså hvor mange kg biomasse man kan producere pr. areal pr. dag), og dermed også for hvor billige produkter baseret på mikroalger kan blive. Figur 3 viser en såkaldt værdipyramide,

Lysdæmpning i en vandsøjle

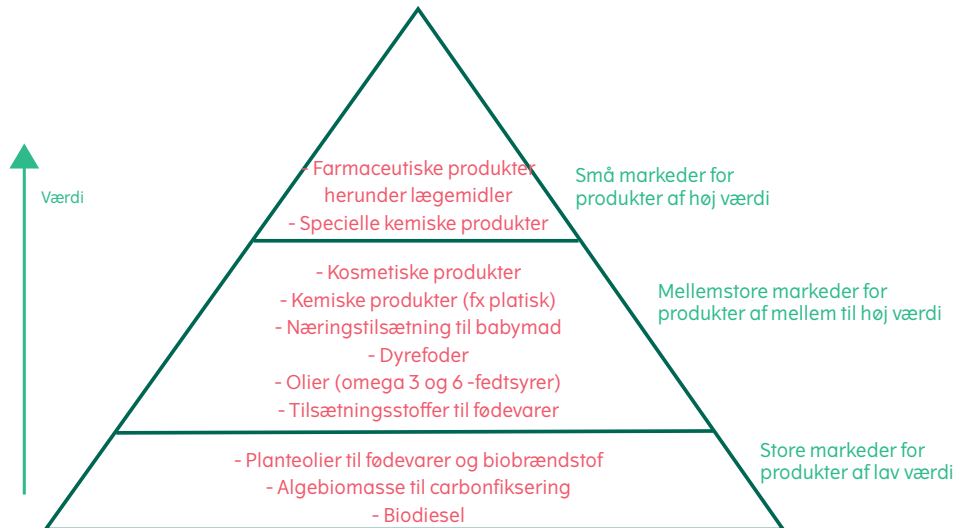
$$I_z = I_0 e^{-kz}$$

I_0 : lysmængden ved overfladen, I_z : lysmængden i dybden z ,

k : lysabsorptionskoefficienten, som afhænger af tætheden af mikroalger



som illustrerer forholdet mellem mængde og værdi. Den viser, at ting, der kun kan produceres i små mængder – og altså er svære at få fat på – bliver dyre, mens ting, der kan produceres i store mængder bliver billige. Fx er biodiesel noget, der skal kunne produceres i store mængder til en lav pris, hvis det skal konkurrere med prisen på fossilt brændstof, og det har hidtil desværre ikke været muligt ved hjælp af mikroalger, selvom alt det tekniske i processen er velkendt. Derfor er der for mikroalger et større fokus på produktion af produkter højere oppe i pyramiden; fra foder til lægemidler.



Figur 3: Værdipyramide

Optimering af produktion

Da lys altså sætter den øvre grænse for produktiviteten af biomasse, er der lavet meget forskning og udvikling for i stedet at øge koncentrationen af de ønskede stoffer i biomassen. Det kan gøres på følgende tre måder:

1. Genmanipulation: Her arbejdes bl.a. med at øge algerne produktion af udvalgte stoffer gennem genmanipulation. Det kan dog lede til de samme problemer i forhold til at få tilladelse til storskalaproduktion og i forhold til forbrugertillid - præcis ligesom ved anvendelse af genmanipulation i andre former for biologisk produktion. Desuden er genmanipulation af prokaryoter væsentligt lettere end eukaryoter, og her er det en fordel, at der findes mikroalger blandt cyanobakterierne, som er prokaryoter.
2. Avl - eller videnskabeligt sagt "forced selection". Her ændrer man algens genotype ad naturlig vej ved at udvælge en række forskellige stammer af den samme algeart for et selektionstryk i form af nogle bestemte vækstbetingelser. Derefter udvælger man de stammer, der vokser bedst og producerer mest af det ønskede stof under de pågældende betingelser, og arbejder så videre med dem. Dette er stort set det samme, som vi gennem årtusinder har gjort med vore afgrøder

og husdyr. Forskellen er, at mikroalger har generationstider på ca. et døgn, så arbejdet går meget hurtigt sammenlignet med fx kornsorter der har generationstider på et år.

3. Fænotypisk manipulation. Her udnytter man den såkaldte fænotypiske plasticitet hos mikroalgerne, altså det forhold at algerne opfører sig forskelligt under forskellige vækstforhold. Man finder gennem eksperimenter ud af, hvordan man kan få dem til at producere mere af de ønskede stoffer ved at dyrke dem under bestemte forhold fx varierende lysintensitet, temperatur og næringsstofniveauer. Det svarer lidt til, at det samme menneske kan blive tykt eller tyndt alt efter, hvad det får at spise. Algerne kan indeholde forskellige mængder ønskede stoffer (fx fedtsyrer) alt efter hvilke forhold de vokser under.

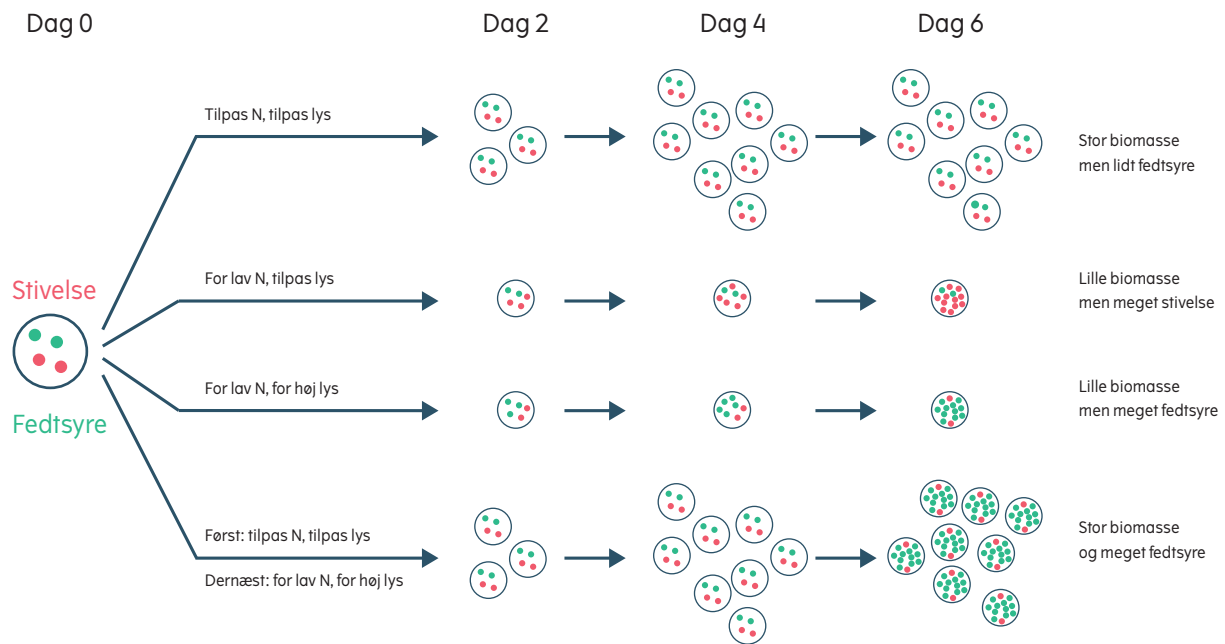
Stressede mikroalger danner fedtsyrer

En ernæringsmæssigt meget vigtig gruppe af stoffer, som kan udvindes af mikroalger, er flerumættede fedtsyrer, som fx omega-3 og omega-6. Disse stoffer er blandt dem, der rent faktisk produceres kommercielt ved hjælp af mikroalger i dag, og hvor fænotypisk manipulation

er taget i brug for øge koncentrationen i algerne. Fedtsyrerne kan bruges både i dyrefoder og i kosttilskud til mennesker og ligger derfor ca. midt i værdipyramiden. Det er dog nødvendigt at gøre sig klart, at ikke alle mikroalger producerer fedtsyrer i samme mængder, så det er nødvendigt at starte med at udvælge den rigtige alge. Grønalger (Chlorophyta) indeholder normalt forholdsvis få fedtsyrer, mens rekylalger (Haptophyta) og Cryptophyta er rige på fedtsyrer.

Mikroalgernes produktion af fedtsyrer er i virkeligheden et stress-respons. Under optimale vækstforhold, hvor mikroalgerne har tilstrækkeligt med næringsstoffer til rådighed, vil de producere mere biomasse med et forholdsvis lavt indhold af fedtsyrer. Hvis de mangler et næringsstof, typisk kvælstof (N), kan de ikke producere mere biomasse, men vil i stedet producere mere oplagsnæring i hver enkelt celle. Dette vil normalt primært være stivelse, men i en situation hvor mikroalgerne også stresses af høje lysintensiteter, vil de i stedet for stivelse producere fedtsyrer. Det gør de, fordi fedtsyresyntesen forbruger elektroner produceret i fotosyntesens lysproces, som ellers ville kunne give anledning til dannelsen af skadelige frie radikaler. Da energien fra fotosyntesen enten går til vækst eller til produktion af fedtsyrer, kan man altså ikke producere en stor mængde biomasse hurtigt og samtidigt have et højt





Figur 4: Mikroalgers produktion af stivelse og fedtsyre under forskellige dyrkningsforhold

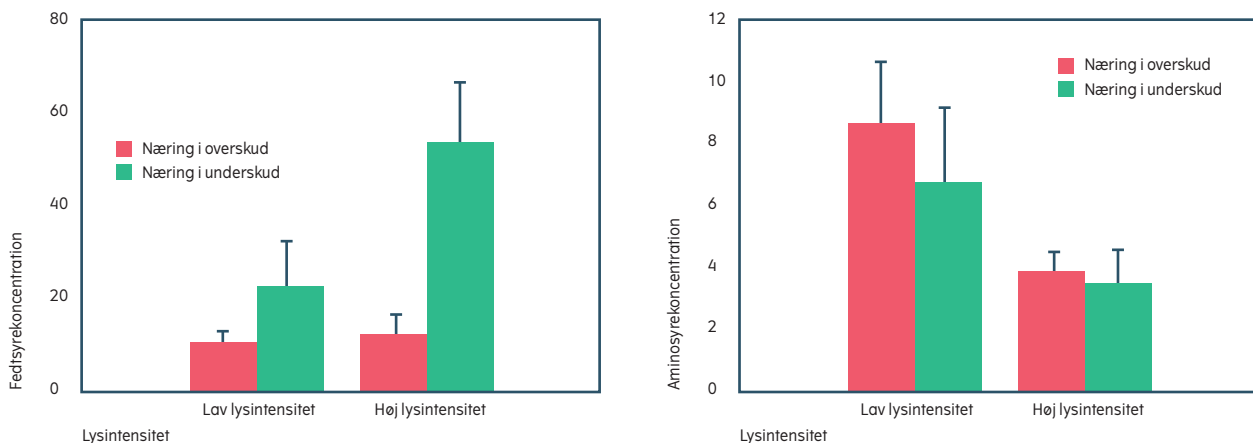
fedtsyreindhold i biomassen. I stor-skala produktion fremstiller man derfor normalt en høj biomasse under optimale forhold, hvorefter man "kvælstof-sulter" (N-begrænser) biomassen, mens man samtidigt udsætter den for høje lysintensiteter (figur 4).

Forskning på RUC

I vores arbejde med at udvikle en optimal algebiomasse til produktion af akvakulturfoder (fiskefoder) udnytter vi de samme principper. Vores "foderalge" *Rhodomonas salina* udvikler de højeste koncentra-

tioner af fedtsyrer under N-begrænsning og høje lysintensiteter. Desværre er ikke alle problemer løst med den viden. Det er også vigtigt, at algerne danner et højt indhold af essentielle aminosyrer, hvis de skal bruges som foder. Men her viser det sig, at algen har det højeste aminosyreindhold ved lave lysintensiteter! Det betyder, at man er nødt til at tage et valg – fx om man vil fremdyrke alger med et højt indhold af fedtsyrer eller med et højt indhold af aminosyrer. I nogle tilfælde kan man optimere dyrkningsforholdene, så man får et nogenlunde højt indhold af flere ting på samme tid. Men det er langt fra sikkert, at det er muligt i alle tilfælde. Når man skal producere mikroalgebio-

masse med et højt indhold af de ønskede stoffer, kan man altså som regel komme langt uden at behøve at overveje genetisk manipulation, blot ved i stedet at regulere mikroalgernes vækstbetingelser, fx lys, temperatur eller tilgængelighed af næringsstoffer. Nogle kombinationer af vækstbetingelser virker dog forskelligt på forskellige grupper af stoffer, som eksemplet med fedtsyrer og aminosyrer viser. Så ved mikroalgedyrkning står man altså altid over for et stykke forskningsmæssigt spændende optimeringsarbejde for at opnå den perfekte fede stressede mikroalge.



Figur 5: Produktion af fedtsyrer (tv) og essentielle aminosyrer (th) hos algen *Rhodomonas salina* ved forskellig lysintensitet og tilgængelighed af næringsstoffer



Du kan læse Environmental Biology på Roskilde Universitet

Hvis du synes, at emnet her er spændende, så kan [Naturvidenskabelig Bachelor](#) være noget for dig. På Naturvidenskabelig Bachelor kan du fx læse [Environmental Biology](#) i kombination med [Chemistry](#), [Molecular Biology](#), [Medicinalbiologi](#) eller [TekSam - Miljøplanlægning](#). Kandidatuddannelsen i [Environmental Science](#), [Bæredygtig omstilling \(TekSam\)](#) eller [Mathematical Bioscience](#) kan måske også have din interesse.

Sådan er studiet

På Roskilde Universitet er [Environmental Biology](#) en del af den [Naturvidenskabelige Bachelor](#). Det første år bliver du trænet i centrale naturvidenskabelige teorier, metoder og modeller på højeste niveau. På andet og tredje år specialiserer du dig i to fag. Det giver dig et stærkt fundament og gør dig til en dygtig miljøbiolog, der samtidig kan tænke på tværs af de naturvidenskabelige fag.

Environmental Biology kan læses i kombination med ét af flg. fag:

- Bioprocess Science
- Chemistry
- Computer Science (Datalogi)
- Fysik
- Physics
- Geografi
- Mathematics
- Medicinalbiologi
- Molecular Biology
- TekSam -Miljøplanlægning

Læs mere om Environmental Biology på ruc.dk/environmental-biology-paa-roskilde-universitet

Kandidatuddannelsen i [Environmental Science](#), [Bæredygtig omstilling \(TekSam\)](#) eller [Mathematical Bioscience](#). Se mere på ruc.dk/kandidat/uddannelser

Sådan er din hverdag

Fra start til slut i studiet er du tæt på forskerne. Gennem dine projekt- og kursusvalg arbejder du videnskabeligt og kan være med til at skabe innovative løsninger på virkelighedens problemer. Dit projektarbejde kan måske indgå som en del af et større forskningsprojekt, eller du kan samarbejde med eksterne virksomheder og organisationer, hvis du har lyst til det.

På hvert semester arbejder du halvdelen af tiden med kurser inden for det naturvidenskabelige område. Nogle kurser er obligatoriske og giver dig den nødvendige faglige ballast. Men der er også kurser, du selv vælger efter interesse. Den anden halvdel af tiden arbejder du med et projekt.

Projektarbejdsformen skærper din evne til at analysere og samarbejde, og du kan samtidig fordybe dig i det, du finder fagligt interessant. Karrieremæssigt lærer du således at mestre en række af de færdigheder, erhvervslivet efterspørger allermost; evnen til at projektlede, samarbejde, kommunikere, nytænke og løse komplekse problemer.

Kig



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere

