

seafarm
269 9111



Makro alger

på vägen mot ett biobaserat samhälle



Alger är en havets rikedom som vi i princip inte förstått värdet av. Inte hittills i alla fall. Alger är fullpackade med nytta och att använda dem både för energiproduktion och som råvara vid materialtillverkning skulle kunna ta oss ett steg på vägen mot ett biobaserat samhälle. I alger finns också en mängd viktiga ämnen som kan användas i livsmedel och foder. Dessutom innehåller de andra ämnen än landväxter vilket ger potential att producera unika produkter med algbiomassa som utgångspunkt.

Att vi måste hitta andra sätt att producera energi och material än att använda fossila råvaror är helt klart. Eftersom jordens befolkning växer och utvecklingen i världen gör att allt fler tillägnar sig en resurskrävande livsstil måste vi hitta vägar att gå över till en global ekonomi baserad på hållbar och förnyelsebar produktion. Att odla makroalger kan vara en del av detta.

Sveriges kust lämpar sig väl för odling av makroalger. Den är lång med mycket skärgård och har därför många skyddade områden. En stor fördel med makroalger är att de inte kräver någon tillförsel av energi. Solljuset på våra breddgrader är tillräckligt för att de ska växa ett par meter per säsong vilket räcker för att de ska kunna skördas.

Seafarm är ett tvärvetenskapligt forskningsprojekt där makroalger odlas och används för en mängd olika ändamål i ett kretslopp där allt tas tillvara. Målet är att utnyttja algens fulla potential.

Marinbiologer blir bönder till havs...

De makroalger som växer vilt räcker inte för Seafarms syften. Odling måste till. På köpet får man andra fördelar genom att algerna dels tar upp näring ur vattnet där de växer, dels är biotopbildande, det vill säga skapar en fin livsmiljö för små kräddjur och fisk. En odling av makroalger kan därför bidra till lösningen på problemet med övergödda havsvikar och också öka den biologiska mångfalden.

Att odla makroalger har en rad fördelar jämfört med att odla annan sorts biomassa på land. För det första tar det ingen plats på land och konkurrerar därför inte med skogs- eller jordbruk. För det andra sköter sig algerna själva. Det behövs ingen bevattning, ingen gödning och ingen tillförd energi i form av ljus eller uppvärmning.

I SEAFARM ODLAS TVÅ ARTER AV MAKROALGER:

Saccharina latsissima, eller sockertare på svenska, och *Laminaria digitata*, eller fingertare. Det är arter som finns naturligt på västkusten och som växer snabbt. På bara en säsong kan de växa ett par meter. I takt med att algen växer varierar innehållet av proteiner, lipider, kolhydrater och andra ämnen. En uppgift för forskarna är att bestämma bästa tiden för skörd, det vill säga när storleken är optimal i förhållande till mängden av de ämnen man vill åt.

Algernas innehåll och tillväxthastighet påverkas av deras växtmiljö och hur utsatta de är för vågor. Därför analyseras vilda alger hämtade från olika växtplatser. Ju större den naturliga variationen är, desto större är möjligheterna att förädla fram de egenskaper man är intresserad av. Men till skillnad från växtförädling som man har hållit på med väldigt länge, har förädling av alger knappt börjat.

SJÄLVA ODLINGEN BÖRJAR PÅ LABBET. Sporer från reproduktiva alger säs på nylonlinor. När småplantorna blivit några millimeter viras linan kring ett kraftigare rep som sätts ut i havet. Skörda kan man göra redan året efter. Försöksodlingarna finns på några olika platser och på olika djup, i Kosterhavets nationalpark. I framtiden krävs fler och större odlingsområden. En uppgift inom projektet är ta reda på var odlingarna skulle kunna placeras och hur de skulle kunna se ut för att störa så lite som möjligt. De måste kunna samsas med andra intressen, och det borde inte vara omöjligt, tror Henrik Pavia.

FO 1 drivs av Henrik Pavia, Göran Nylund och Gunnar Cerwin.

”Projektet är unikt eftersom vi tar ett helhetsgrepp redan från början. Här finns folk som jobbar med alla steg i kedjan. I och med det är vi lite av pionjärer, och det är roligt att få vara med.”



Henrik Pavia, professor, Institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs universitet.

... som skördar och lagrar...

Att odla makroalger har vissa likheter med att odla grödor på land. Man sår, väntar, och när det är dags att skörda, skördar man allt på en gång. Där slutar kanske likheterna, men man kan möjligen dra nytta av metoder utvecklade för jordbruket inom algodlingen också. När alger är skördade bryts de ner ganska snabbt, och måste därför konserveras och förvaras på något bra sätt tills biomassan kan gå vidare till raffinering.

DET FINNS OLIKA MÖJLIGHETER ATT TA HAND OM SKÖRDADE ALGER. Ett problem med traditionella tekniker som torkning och frysning är att de är energikrävande. Ett annat alternativ är ensilering. Eva Albers ser en inre bild av hur alger packas i ensilagebalar redan på skördebåten. Det hade också varit ett praktiskt sätt att förenkla transporten av alger, tror hon. Om även andra ska kunna se detta, i verkligheten, är en sak för projektet att titta närmare på. Vid ensilering mjölksyras biomassan och pH sjunker. Frågan är om detta ändrar eller förstör något ämne som man hade velat ha intakt i raffineringssprocessen. En viss typ av konserveringsteknik kan möjligen också förenkla raffineringen. Därför är ett kontinuerligt erfarenhetsutbyte mellan

bioraffinaderi och konservering viktigt så att processerna kan anpassas till varandra under projektets gång. Det kan också hända att förvaringstiden påverkar möjligheten till vidare användning. Kanske är olika ämnen olika känsliga för hur länge algbiomassan förvaras, och det kan vara en faktor att ta med i planeringen vid utvinning av olika substanser.

FÖR ATT VETA HUR OLIKA KONSERVERINGSTEKNIKER PÅVERKAR algbiomassan, är det första att göra att bestämma vad som finns i de färska algerna från början. Med olika kemiska analysmetoder ska innehållet av ämnen som kolhydrater, proteiner och lipider, samt lösliga ämnen som ammoniumjoner, monosackarider och mineraler undersökas. Samma analyser ska sedan göras igen vid flera tillfällen under förvaringens gång. På så sätt ser man hur innehållet förändras över tid.

FO 2 drivs av Eva Albers.

”Det gäller att samsas om vattnet. På land har vi åkrar och industritomter som man inte får vistas på hur man vill. Vi behöver göra på samma sätt i havet, avsätta områden för odling.”



Eva Albers, docent vid Industriell bioteknik, Chalmers.

...raffinerar för att utvinna det mesta ur gröd

I ett oljeraffinaderi får man fram olika fraktioner av kolväten ur utgångsmaterialet råolja. Inom Seafarm ska man på liknande sätt rena fram alltifrån stora komplicerade kolhydrater till proteiner, mineraler och allt däremellan, fast ur makroalger. För att kunna ta vara på så mycket som möjligt, gäller det att framreningen av ett ämne inte förstör möjligheterna att ta vara på något annat som kommer senare i raffineringsprocessen. Målet är att på ett skonsamt sätt, helst utan att använda organiska lösningsmedel, få fram så många av de högvärdiga ämnena som möjligt ur algerna.

I BIORAFFINADERIET ska ämnen utvinnas som är tänkta att användas för en hel rad ändamål. Ingredienser till livsmedel och djurfoder, ämnen som kan omvandlas till bioetanol med hjälp av jästceller och ämnen som kan fungera som utgångsmaterial vid tillverkning av material som plast, gummi eller textila material.

DET SOM BEHÖVS FÖR ATT TILLVERKA PLAST är polymerer eller helt enkelt riktigt stora molekyler, till exempel stora kolhydrater. Dessa kan sedan byggas om på kemiteknisk väg till den typ av plastmaterial man vill ha. För slutprodukten bioetanol behövs också kolhydrater men här är det jästsvampar som sköter omvandlingen till etanol. Med rätt förbehandling bryr sig jästen inte om att sockerarterna kommer från alger, utan växer lika bra på det som på socker från annat håll. För livsmedelsändamål däremot, kan helt andra typer av molekyler i algi-biomassan vara intressanta. Proteiner, lipider och antioxidanter till exempel.

DE OLIKA TYPERNA AV MOLEKYLER som man vill ha fram skiljer sig väsentligt åt i struktur och egenskaper. Det är det som gör att de kan separeras ut i olika fraktioner. Att så många är intressanta att få fram innebär en utmaning för forskarna. Det gäller att hitta fraktioneringsmetoder som är tillräckligt

”Efterfrågan på omega-3-fettsyror ökar och det är ju i alger de produceras. Därför vore det bra om dessa och högvärdiga proteiner, i första hand kunde användas för livsmedelsändamål.”



Ingrid Undeland, biträdande professor, Livsmedelsvetenskap, Chalmers.

an...

effektiva men ändå tillräckligt skonsamma. Och att hitta en smart fraktioneringssekvens där ämnena plockas ut i rätt ordning så att känsliga ämnen inte förstörs.

SEDAN ÅTERSTÅR LITE AV ETT KEMISKT

DETEKTIVARBETE för att bestämma vilka ämnen som finns i de olika fraktionerna. Av det man idag vet om innehållet i makroalger, kan man sluta sig till att det finns stor potential att få ut en anseelig mängd olika ämnen. Men för varje komponent man vill ha fram krävs ytterligare ett reningssteg, och kanske är det bättre och ekonomiskt mer försvarbart att nöja sig med några få värdefulla komponenter än en hel hög som blir dyrare att få fram, menar Ulrica Edlund.

Ingrid Undeland tänker sig att det kanske inte är nödvändigt att få fram helt rena ämnen, utan snarare eleganta kombinationer, eller som hon kallar det, flervärdiga livsmedelsingredienser riktade mot olika

användningsområden. Kombinationen lipid och antioxidant till exempel, där antioxidant hindrar att lipiden härsknar, eller en kombination av protein, omega-3-fettsyror och glutaminsyra, där den senare skulle vara en inbyggd smakförhöjare.

FÖRUTOM ATT GÖRA FORDONSTRAFIKEN

GRÖNARE, kan produktionen av bioetanol också ses som ett modellsystem för fermentering av kolhydrater från makroalger. När etanolproduktionen väl fungerar och man vet att jästcellerna gillar substratet, kan de styras om till att producera annat, till exempel enzymer eller högvärdiga kemikalier.

FO 3 drivs av Ingrid Undeland, Jenny Veide Vilg, Ulrica Edlund och Anders Höglund.

”Drömprodukten vore en helt förnyelsebar plast. Plast används i många slit- och-slängprodukter, och skulle vi kunna byta ut åtminstone en oljebaserad plast mot en väl fungerande algbaserad skulle mycket vara vunnet.”



Ulrica Edlund, docent, Institutionen för fiber- och polymerteknologi, KTH.

...gör biogas av resterna...

De delar av algbiomassan som inte tas om hand i bioraffinaderiet för vidare förädling till annat, ska rötas till biogas. Antagligen skulle det bli mer biogas om man rötade hela algen utan att utnyttja den till annat också, men det är inte säkert. Hur det faktiskt förhåller sig ska forskarna i Seafarm ta reda på. Frågan är alltså om biogasproduktionen är som effektivast när biomassan består av färska alger, av alger som är förbehandlade på något sätt eller av resterna från bioraffinaderiet?

Eftersom idén med projektet är att få till ett kretslopp där algerna används optimalt, måste en avvägning göras mellan värdet på de ämnen som utvinns och värdet på den energi som kan produceras. Kanske är det inte i sig lönsamt att röta resterna för biogas, men sammantaget, när man ser till hela kedjan kanske det är det ändå, menar Ulrika Welander.

BIOGAS, en blandning av metangas och koldioxid, bildas när mikroorganismer bryter ner det organiska materialet i biomassan för att växa. En stor del av projektet kommer att gå ut på att optimera förhållandena i bioreaktorn, det vill säga det odlingskärl där mikroorganismer och substrat är inneslutna. För att få ekonomi i det hela gäller det att få ut så mycket metan som möjligt per kilo substrat och att processen går tillräckligt snabbt. Temperaturen är viktig för hastigheten. Oftast

används temperaturer på 37 eller 55 grader i bioreaktorer.

Så småningom ska processen eventuellt delas upp i två steg. Då kan de första, snabba stegen, där stora molekyler bryts ner till små organiska syror, ske i ett kärl, och den långsammare metanproduktionen i ett annat. Där kan mikroorganismerna jobba på i lugn och ro och behöver inte bli stressade av för höga halter organiska syror att ta hand om.

OLIKA BAKTERIESTAMMAR är olika bra på att bryta ner olika sorters biomassa. Därför ska flera ympar från befintliga biogasanläggningar testas, dels från reningsverk, dels från en anläggning för biomassa från lantbruk. Marin biomassa lär vara något nytt för dessa bakterier, och hur de reagerar på sådan återstår att se.

ÄVEN FRÅN BIOGASPRODUKTIONEN BLIR DET RESTER. Dessa innehåller mycket kväve och fosfor i en form som är lätt för växter att ta upp. Att använda dem som gödsel gör att mindre mängder närsalter rinner ut i havet. Och så sluts alltså kretsloppet på samma sätt som det började, med minskad övergödning, men då för att vattnet renades från närsalter genom de växande algernas upptag.

FO 4 drivs av Ulrika Welander.

”Vi behöver all förnybar energi vi kan få. Nu slås biogasanläggningarna nästan om biomassa. Vi behöver nya substrat och havet är väldigt intressant just nu.”



Ulrika Welander, docent, Institutionen för bygg- och energiteknik, Linnéuniversitetet.

...och tillslut värderar allt i en hållbarhetsanalys

Det som gör Seafarm till ett unikt projekt, är det holistiska perspektivet på odling av alger och hur de ska användas. Det handlar alltså inte bara om att utveckla en odlingsteknik. Eller om att få fram ett ämne ur alger, eller om energiutvinning. Utan om alltihop. Forskarna ska också räkna på om det är lönt att göra det överhuvudtaget. Är det hållbart att odla alger? Och för vilka ändamål kan odlingen försvara sina kostnader? Kanske kan till och med dyrare energi eller kemikalier motiveras i utbyte mot andra saker. En renare havsmiljö till exempel. Men hur sätter man prislapp på det?

ATT UTVECKLA METODER för utvärdering av ett brett och tvärdisciplinärt projekt som Seafarm är en del i forskningen. Samtidigt som algprojektet själv blir utvärderat, kan metoderna användas i kommande projekt. I systemanalysen av Seafarm ska ingå allt ifrån miljöaspekter till energibalanser och socio-ekonomiska faktorer. Fredrik Gröndahl menar att det enklaste att börja med är att titta på energibalansen. Den kan man relativt lätt sätta pris på. Hur mycket energi in och hur mycket energi ut? Sedan får man gå vidare och räkna på annat.

Man kan tänka sig olika scenarior. Ett litet Seafarm med algodlingen i liten skala för produktion av högvärdesprodukter i små mängder. Eller större odling för att få

ut mycket av något med lägre värde. Vilken väg man än väljer så måste det vara lönsamt. Ett tidigare projekt i Skottland, visade att algodling för att producera enbart energi var alldeles för dyrt. Därför har man nu i Seafarm satt in ett bioraffinaderi i mitten av kretsloppet och den energi som kan utvinnas på slutet är egentligen bara en biprodukt.

VAD MILJÖEFFEKTERNA ÄR VÄRDA i kronor och ören är svårare att räkna på. Men det finns nu sätt att räkna även på så kallade ekosystemtjänster, det vill säga sådant som naturen tillhandahåller. Ett sätt är att räkna på vad det skulle kosta att ersätta något som naturen gör. Till exempel rena bort kväve ur vattnet med ett reningsverk eller med en algodling. Eller så kan man fråga vad människor kan tänka sig att betala för det som naturen erbjuder. Vad är man villig att betala för rent vatten?

Inom den socio-ekonomiska analysen ingår att se på folks attityder till algodling i stor skala. Vindkraft och musselodlingar är det ofta diskussion om, och samma sak skulle kunna drabba algodlingar. Därför är det enligt Fredrik Gröndahl bra att kratta i manegen. Att redan nu föra en dialog med olika parter för att hitta lämpliga platser för algodling.

FO 5 drivs av Fredrik Gröndahl, Maria Malmström och Jonas Nordström.

”Jag hoppas att vi ska komma så långt att vi har utvecklat fungerande teknik och löst alla andra frågor också, så att kommersiella krafter kan ta över och anlägga ett bioraffinaderi baserat på algbiomassa.”



Fredrik Gröndahl, docent vid Industriell ekologi, KTH.



FOKUSOMRÅDE 1 – Göteborgs universitet

- Etablera odling av makroalger
- Undersöka variationen mellan olika populationer av vildväxande makroalger
- Undersöka de ekologiska effekterna av algodlingen
- Hitta lämpliga områden för odling av makroalger i större skala

FOKUSOMRÅDE 2 – Chalmers

- Inventera olika tekniker för konservering och förvaring och se vilka som kan användas för alger
- Ta reda på hur olika tekniker för konservering av biomassan påverkar innehållet
- Ta reda på om och hur olika konserveringstekniker påverkar ämnen som man får ut i bioraffinaderiet

FOKUSOMRÅDE 3 – Chalmers/KTH

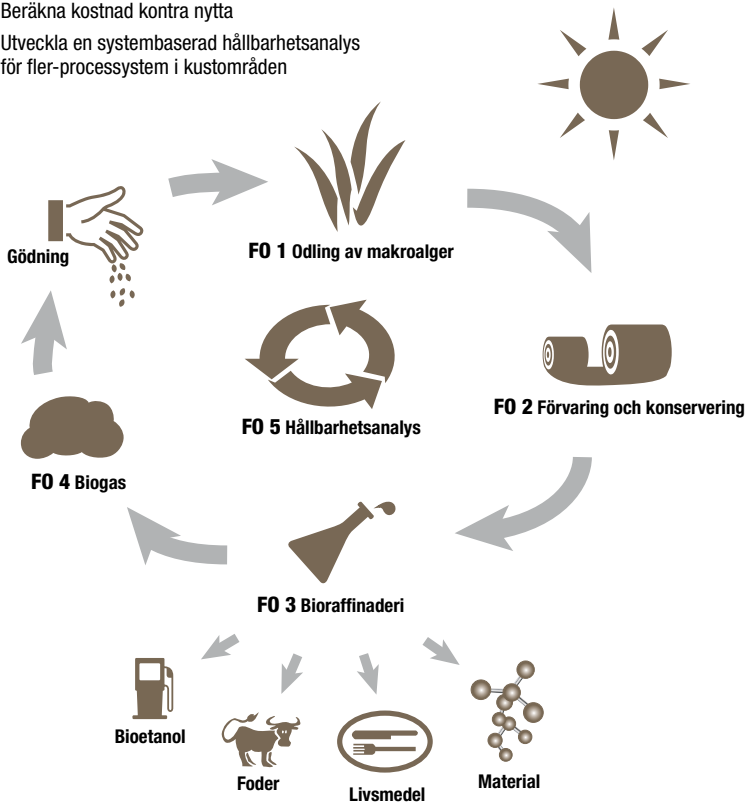
- Ta reda på vad algbiomassan innehåller
- Utveckla en fungerande fraktioneringsmetod
- Rena fram polysackarider för produktion av polymerer som kan användas för tillverkning av plast
- Rena fram fermenterbara sockerarter för produktion av bioetanol
- Rena fram proteiner och peptider att använda till livsmedel och foder
- Rena fram andra ämnen med högt värde, med bland annat antioxidativa, anti-inflammatoriska och viktreglerande egenskaper

FOKUSOMRÅDE 4 – Linnéuniversitetet

- Att optimera metoden att använda biomassa från makroalger för biogasproduktion

FOKUSOMRÅDE 5 – KTH/Lunds universitet

- Undersöka projektets hållbarhet och svaga länkar
- Beräkna kostnad kontra nytta
- Utveckla en systembaserad hållbarhetsanalys för fler-processsystem i kustområden





Seafarm är ett tvärvetenskapligt forskningsprojekt där makroalger odlas och används för en mängd olika ändamål i ett kretslopp där allt tas tillvara. En viktig del i projektet är att bedöma hållbarheten i systemet, där alltifrån algodlingens effekter på miljön, till nyttan i förhållande till kostnader ska bedömas. Seafarm är ett samarbete mellan fem universitet: KTH, Chalmers, Göteborgs universitet, Linnéuniversitetet och Lunds universitet. Projektledare för Seafarm är Fredrik Gröndahl, KTH.

Seafarm är ett projekt inom Formas riktade satsning för utveckling av en biobaserad samhällsekonomi. Projektet sker i samverkan med industriella partners.

Läs mer om Seafarm på www.seafarm.se



CHALMERS



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

Linnéuniversitetet



LUNDS
UNIVERSITET



Forskningsrådet
Formas

Projektledare: Docent Fredrik Gröndahl
Industriell ekologi, KTH
Telefon: +46 (0)8 790 61 58
E-post: fgro@kth.se
www.seafarm.se

seafarm
269 9111
MAKROALGER FÖR ETT
BIOBASERAT SAMHÄLLE