

Nærings- og fiskeridepartementet
Thomas Malla

Innspill til regjeringens bioøkonomistrategi

Vi ved Institutt for bioteknologi, NTNU setter stor pris på regjeringens arbeid med den nasjonale strategien for bioøkonomi. Når oljen i Nordsjøen en dag tar slutt er det helt avgjørende at ikke bare næringslivet, men at samfunnet i sin helhet er omstilt og tilpasset en verden med fornybare energikilder og biobaserte kjemikalier og materialer. Dette krever omstilling av oss som privatpersoner og forbrukere, omstilling i utdanning og forskning, næringsliv og politikk. For å lykkes må vi ha en tydelig bioøkonomistrategi som gir felles mål og retning for forskning og utdanning, næringsliv og investorer.

Etter å ha deltatt på innspillskonferansen 18. juni er vi meget optimistiske i forhold til den endelige strategien. Vi trekker spesielt fram statsrådenes tydelige budskap om at norsk bioøkonomi skal konsentrere seg om høy-verdi produkter. Forbrenning av trevirke o.l. er ikke en del av denne økonomien og følgelig skal slike prosesser og produkter ikke subsidieres av den norske stat. Videre må livsløpsanalyser legges til grunn ved valg av prosesser. Produkter som ikke forurensrer i bruksfasen kan allikevel gi stort økologisk fotavtrykk på grunn av tilvirkningsfasen dersom denne er forurensende og energikrevende. Det samme gjelder for avhendingsfasen dersom materialer ikke kan resirkuleres eller gjenvinnes. Vi vil også støtte og understreke budskapene fra Professor Torger Reve. Norge må satse på de områdene hvor forholdene ligger til rette for å lykkes: «The Future is the Ocean Economy». Reve trakk NTNU spesielt fram for sin store strategiske satsing på Havromsvitenskap og teknologi (<http://www.ntnu.edu/oceans>).

Biotechnologisk kunnskap og biotechnologiske prosesser er viktig grunnlag for bioøkonomien. Biotechnologer alene kan allikevel ikke løse de globale utfordringene vi står overfor. Ved NTNU har vi innsett dette og NTNUs satsing på biotechnologi (<http://www.ntnu.edu/ntnu-biotechnology>) vil forene livsvitenskap, matematikk og ingeniørvitenskap for å utvikle transformativ og grensesprengende forskning. Nasjonal og internasjonal bioøkonomi vil være avhengig av resultatene fra denne forskningen i framtiden.

Ved Institutt for bioteknologi har vi lang erfaring med biotechnologisk forskning knyttet til det marine miljø. Vedlagt presenterer vi fire områder hvor Norge har spesielle forutsetninger for å lykkes og hvor vi ved NTNU og Institutt for bioteknologi ønsker å bidra med vår kunnskap og fremtidige forskningsinnsats.

Med vennlig hilsen
Kjetil Rasmussen
Instituttleder

Postadresse	Org.nr. 974 767 880	Besøksadresse	Telefon	Instituttleder
Sem Sælands vei 6/8 7491 Trondheim	E-post: postmottak@biotech.ntnu.no http://www.biotech.ntnu.no	Kjemiblokk III/IV Sem Sælands vei 6/8 7034 Trondheim	+ 47 73 59 33 20 Telefaks + 47 73 59 12 83	Kjetil Rasmussen Tlf: + 47 +47 918 97 652

All korrespondanse som inngår i saksbehandling skal adresseres til saksbehandleren ved NTNU og ikke direkte til enkeltpersoner. Ved henvendelse vennligst oppgi referanse.

Betydningen av mikrobiell bioteknologi for bioøkonomien i Norge

Prof. Trygve Brautaset

Institutt for bioteknologi, NTNU.

Både Nasjonal Strategi for Bioteknologi 2011–2020 og Programplan for BIOTEK2021 «Bioteknologi for verdiskapning» er basert på OECD definisjonen for Bioteknologi: *Anvendelse av naturvitenskap og teknologi på levende organismer og på deler, produkter og modeller av disse, slik at levende eller ikke-levende materialer endres for å frambringe kunnskap, varer og tjenester.* Denne definisjonen er det viktig å holde tak i da bioteknologi inkluderer engineering aspekter mot bestemte anvendelser og formål.

Innenfor bioøkonomien er det i Norge og internasjonalt nå stort fokus på å utvikle bioprosesser som utnytter alternative råmaterialer som ikke konkurrerer med matproduksjon (d.v.s. som ikke krever bruk av dyrket mark); fra trevirke, makroalger og annen overskudds biomasse. Dette inkluderer termokjemisk og biokjemisk prosessering av biomassen slik at den gjøres tilgjengelig som råmateriale for spesialiserte mikroorganismer (cellefabrikker) som så kan omsette den til bioproduksjon av nyttige produkter (f. eks biodrivstoff). Mikrobiell bioteknologi handler om å utvikle høy-effektive mikroorganismer som cellefabrikker for effektiv omsetting av biomasse til ønskete produkter. For å få til økonomisk lønnsomhet er det helt avgjørende at disse mikrobielle prosessene er svært effektive, og dette påkrever avansert forskning innenfor fagområdene syntetisk biologi, system biologi og metabolic engineering. På den ene siden må evnen til å kunne effektivt utnytte typisk krevende råmaterialer fra biomasse utvikles og på den andre siden må produksjonseffektivitet av ønsket produkt optimaliseres; til sammen representerer dette store vitenskapelige utfordringer som påkrever høyteknologisk forskning innenfor mikrobiell bioteknologi.

Vi mener at Norge bør ha som mål å befeste en betydelig rolle og posisjon innenfor mikrobiell bioteknologi gjennom økt forskningsaktivitet og innovasjon på dette viktige området. Mikrobiell bioteknologi vil være et avgjørende forskningsfelt å lykkes på dersom Norge skal kunne utvikle økonomisk bærekraftige og konkurransedyktige bioprosesser basert på utnyttelse av norsk biomasse i framtiden. En slik satsing vil dessuten bidra til økt virksomhet og nye arbeidsplasser knyttet til bioøkonomien i Norge.

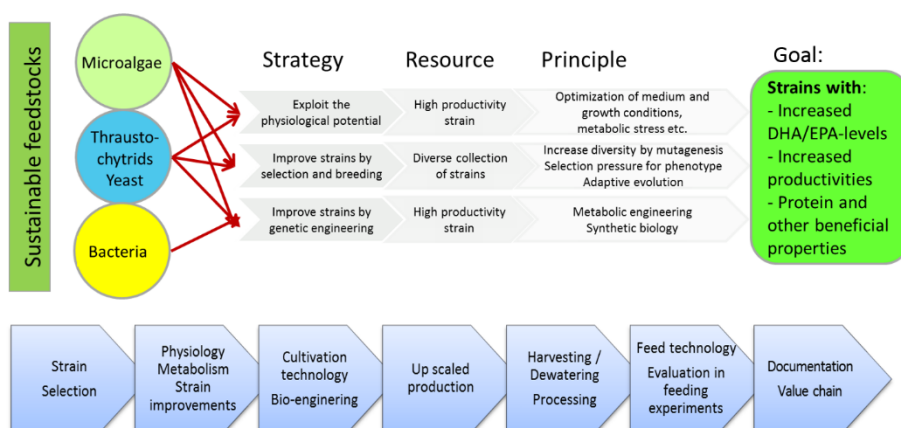
Bærekraftig produksjon av marint fôrråstoff - en begrensende faktor for økt fiskeoppdrett

Prof. Olav Vadstein

Institutt for bioteknologi, NTNU.

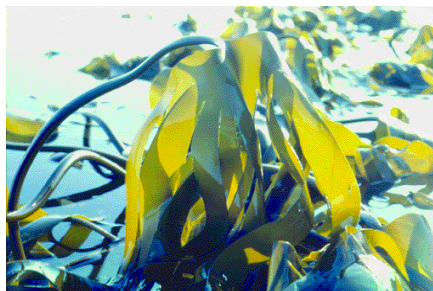
Havbruksnæringen er den raskest voksende matindustrien internasjonalt, men ikke minst nasjonalt. En videre vekst er en forutsetning for at fisk skal kunne være med å dekke det ernæringsbehovet 9 milliarder mennesker vil ha i 2050. Et betydelig innslag av fisk i kostholdet har store helsegevinster. En videre vekst innen havbruk krever imidlertid økt tilgang på fôrråstoffer, og begrenset tilgang på langkjedede marine fettsyrer som DHA og EPA kan stoppe en videre vekst i nær framtid. Tradisjonelt er det fiskeolje som er råstoffet for disse fettsyrene, men økt tilgang på slike oljer er ikke sannsynlig. Man må derfor se på alternative råstoffkilder som har et potensiale med hensyn til volum som gjør dem interessante. Det bør være en visjon at framtidige råstoff til fiskefôr ikke kommer i konflikt med matproduksjon, og det vil omfatte jordbruksareal, bruk av ferskvann og direkte bruk av råstoff som kan brukes direkte som menneskemat. Det finnes få mulige råstoffkilder og blant dem er mikroorganismer de som er minst studert. Aktuelle grupper er mikroalger (som har produsert det meste av fettsyrene i fiskeolje), andre protister og bakterier. Alle gruppene av mikroorganismer har fordeler og ulemper som produksjonsorganismer for DHA og EPA, og det er derfor viktig å gå bredt ut i tilnærming. Videre er det viktig at framtidig forskning skjer gjennom hele verdikjeden. På lengere sikt vil også tilgangen på protein kunne være begrensende, men det er viktig at proteinperspektivet ivaretas også i forskningen som har hovedfokus på DHA/EPA-problematikken. Gjennom pågående aktivitet ved NTNU og SINTEF har vi opparbeidet bred kompetanse som dekker hele verdikjeden fra stammevalg og -forbedring via industriell bioteknologi til anvendelse som fiskefôr, inkludert vurdering av økonomisk, sosial og miljømessig bærekraftighet. Vi har også lang erfaring med dyrking og bioteknologisk anvendelse av både fototrofe og heterotrofe organismer som er relevante som DHA/EPA-produsenter, og vi har et bredt nasjonalt og internasjonalt nettverk som er relevant for forskning på mikroorganismer som nye DHA/EPA-kilder.

Possible strategies for developing microbial raw materials for industrial application in feed



Bioprosessanlegg basert på utnyttelse av marint råstoff fra brunalger og skalldyr

Prof. Kjell Morten Vårum
Institutt for bioteknologi, NTNU.



Norge har betydelige naturlige ressurser av brunalger samt reke- og krabbe-skall. Fra brunalgene (tang og tare) produseres det idag hovedsakelig polysakkaridet alginat fra viltvoksende stortare (FMC Biopolymer). Det er et stort potensiale for både å høste mer av stortaren og andre viltvoksende arter langs Norges lange kystlinje, samt for dyrking av utvalgte brunalger. Brunalgene inneholder i tillegg til alginat en rekke verdifulle men uutnyttede komponenter (f.eks. fukoidan, laminaran og proteiner), og det er i tillegg et stort potensiale for å øke utbyttet av alginat. Alginat nyttes i en rekke produkter som fortykningsmiddel (iskrem, syltetøy mm), men stilken i norsk stortare er et unikt råstoff for alginat-produkter med spesielt gode produkttegenskaper. Dette nyttes eksempelvis i Gaviscon, det ledende antirefluks-legemiddel mot sure oppstøt og halsbrann.

Fra skalldyr produseres det idag hovedsakelig pillede reker til menneskeføde. Den største produksjonen av reker foregår i de to nordligste fylkene med maskinell fjerning av skallet. En stor andel av rekene (40%) er skall som idag bare utnyttes i liten grad, og produksjons-prosessen og det kalde klimaet gir rekeskall av god kvalitet konsentrert ved noen få lokaliteter. Det er potensiale for å utnytte rekeskallet som bl.a. inneholder ca 20% av polysakkaridet kitin og ca 40% protein.

Proteinet er velegnet som fôr. Kitosan tilhører stoffgruppen polykationer og framstilles kommersielt fra kitin, og kitosanet er unikt som den eneste vanlig forekommende naturlige substansen innen stoffgruppen. Anvendelsesområdene for kitosan spenner fra membraner og plantevernmidler til høyteknologiske biomedisinske applikasjoner innen levering av legemidler og gener, med stort potensiale til verdiskapning.

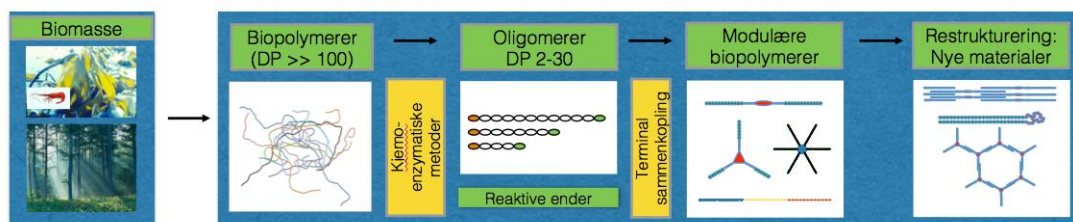
Potensialet for en bedre utnyttelse av disse fornybare marine ressursene ligger i utvikling av nye bioprosess-anlegg. Norge har spesielle forutsetninger for å utnytte disse marine råstoffene.

Gjennom langsiktig forskning i universitetenes forskningsmiljøer (spesielt NTNU, NMBU og UiT) og i samarbeid med SINTEF og industri-partnere er det etablert betydelig kunnskap og kompetanse innen verdiskapning ved avanserte anvendelser av produkter fra både brunalger og skalldyr. Dette gjelder spesielt polysakkaridene alginat, kitin/kitosan samt enzymer som kan modifisere disse til f. eks. kortere fragmenter (oligosakkarider). Dette er i fokus innen det NFR-finansierte BIOTEK2021 prosjektet MARPOL ("Enzymatic modification and upgrading of marine polysaccharides"), og den ledende produktkandidaten til det bio-farmasøytiske firmaet AlgiPharma er en alginat-oligomer fra brunalger.

Innovativ utnyttelse av biomasse.

Prof. Bjørn E. Christensen

NOBIPOL, Institutt for bioteknologi, NTNU.

Sammendrag.

Biomasse fra norsk skogbruk, landbruk og det marine miljø inneholder store mengder biopolymerer. Industriell utnyttelse av disse er betydelig, men har flatet ut på et relativt moderat nivå i forhold til ressurstilgangen.

Tross stor forskningsinnsats på relevante biopolymerer (cellulose, hemicelluloser, lignin, kitin, alginater, og flere andre), og på relevante biopolymernedbrytende enzymer, samt vesentlige framskritt på enkeltområder (nanocellulose, cellulaser, alginat) er det et stort behov for innovative innfallsvinkler for å komme videre og øke utnyttelsene av disse materialene.

Vi foreslår å etablere forskningsinnsats på et helt nytt område basert på disse utgangsmaterialene. I enkelthet går dette ut på å konstruere helt nye modulbaserte polymerer ved å kombinere moduler isolert fra ulike biopolymerer. Dette kan gi helt nye høyverdimaterialer med nye og skreddersydde egenskaper, og dermed bruksområder, samtidig som de opprettholder sin iboende nedbrytbarhet og CO₂-nøytrale profil. Videre kan det redusere bruken av syntetiske og dårlig nedbrytbare polymerer.

Biomasse og biopolymerer

Hovedkomponenten i planters cellevegg er cellulose. I brunalger er alginat en hovedkomponent, og i krabbe- og rekeskall er kitin hovedkomponenter. Celleveggen i gjær inneholder β -1,3-glukaner. Disse polymerene er alle sentrale innenfor bioøkonomien, og i Norge er det betydelig aktivitet innen områdene: Cellulose og lignin (Borregaard), alginat (FMC Biopolymer, AlgiPharma), β -glucan (Biotec Betaglucans). Anvendelsesområdene og markedene (hovedsakelig næringsmidler, farmasi, medisin og veterinærmedisin) har imidlertid endret seg lite over årene. Enkelte nye konsepter som nanocellulose har til en viss grad initiert nyskaping og nye innfallsvinkler, men i forhold til de store mengdene utnyttet råstoff har innovasjonsgraden vært moderat. Dette avspeiler på den ene siden store utfordringer knyttet til polymerenes naturlige funksjoner (krystallinitet, tett assosiasjon med andre polymerer, langsom nedbryting), men også begrensninger i teknologiske egenskaper i ren form, og biokjemiske verktøy til modifikasjon og bearbeiding til ønskede produkter.

Nedbrytende enzymer og oligomerer

Det har se senere år skjedd betydelige framskritt innen studier av enzymer som kan bryte ned biomasse. Professor Eijsinks gruppe (NMBU) og samarbeidspartnere (bl.a. NTNU) har kartlagt i detalj en ny gruppe svært interessante enzymer (lytiske monooksygenaser) som bryter ned tungt nedbrytbare polymerer. Hovedsiktemålet har til nå vært omdanning av biomasse til bioetanol (via glukose), men de samme prosessene har en annen ny og spennende – og til nå uutforsket - side: Enzymene kan bryte polymerene ned til kortere kjeder (oligomerer), der endene er kjemisk reaktive slik at de mye lettere enn normalt kan kobles sammen med andre molekyler.

Nye polymerer (hybrider)

Oligomerer med reaktive ender framstår som modulære byggestener der man i prinsippet kan generere polymerer og partikler med nye egenskaper. Spesielt gjelder dette der man kombinerer ulike typer oligomerer, for eksempel cellulose og alginat, cellulose og kitin, osv. Det er lett å tenke seg at andre oligomerer og polymerer inkluderes. Antallet kombinasjonsmuligheter er formidabelt, og gir store muligheter til å designe og skreddersy helt nye hybridpolymerer.

Restrukturering til nye materialer

Ved å kombinere moduler med sterk tendens til selvassosiering (som cellulose eller alginat) med moduler som vannløselige kan man enkelt tenke seg at det vil kunne genereres strukturer som restrukturerer eller folder seg tilsvarende proteiner og nukleinsyrer. Sistnevnte er basis for et dynamisk forskningsfelt (DNA origami/nanoteknologi), men her ser vi for oss at vi kan etablere en parallell tilnærming basert på lett tilgjengelige polymerer fra biomasse, og der det i motsetning til DNA kan tenkes en industriell oppskalering da materialene ikke krever avanserte synteser. Tilgjengelige oligosakkarider varierer ikke bare med hensyn til kjemisk funksjonalitet, men også kjedenes stivhet. Dermed kan stive og fleksible moduler kombineres. På grunn av det store antallet kombinasjonsmuligheter er det behov for å utvikle et teoretisk rammeverk for å kunne forutsi egenskaper og fokusere på de mest lovende variantene.

Biodegraderbarhet

I tillegg til materialeegenskaper og teknologisk funksjonalitet har de nye hybridpolymerene innebygd biodegraderbarhet. Denne kan lett styres i retning hurtig eller langsom nedbryting ved å kontrollere bl.a. de enkelte modulenes lengde.

Hva kan de nye materialene anvendes til?

Biopolymerer har i dag et stort anvendelsesområde, selv om næringsmidler og farmasi er de største. Sammenliknet med syntetiske polymerer er imidlertid volumene og anvendelsene begrenset. Et naturlig siktemål må kunne være å lage materialer som helt eller delvis erstatter syntetiske polymerer. Noen eksempler:

Medisiner og systemer for levering av legemidler (drug delivery)

Emballering og barrierer for næringsmidler

Membraner for gass/væske/kjemikalieseparasjon/vannrensing/avløpsrensing

Økt oljeutvinning (IOR)