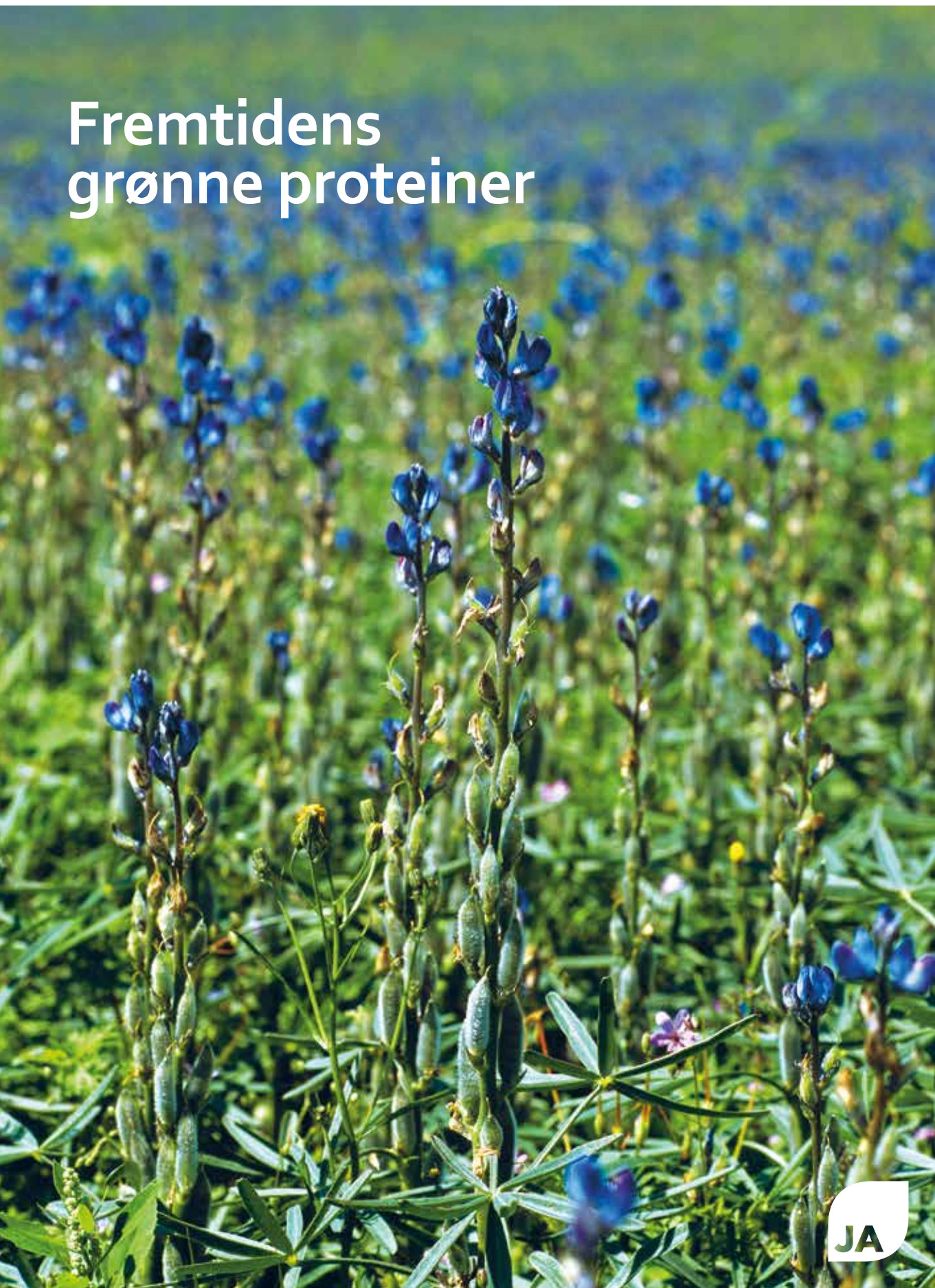


Fremtidens grønne proteiner



Fremtidens grønne proteiner

I forhold til rigtig ernæring af både mennesker og dyr spiller proteinforsyning en afgørende rolle. I den danske kostplan har animalske proteiner i de sidste godt 50 år fået en større plads, og det giver umiddelbart anledning til problemer: dels i forhold til de klimagasudledninger, som direkte kommer fra dyrene og foderproduktionen



JA-formand, Hans-Henrik Jørgensen

her i landet, men for Danmarks vedkommende også pga. den meget store import af protein, som betyder klimabelastning i de lande, hvor proteinet dyrkes, og fra transporten til Danmark. Kan vi løse proteinproblemerne, er vi samtidig godt i gang med at løse klimaproblemerne.

Klaus Hansen Petersens artikel med fokus på Food Bornholm præsenterer bl.a. en statistisk baggrund med fx en markant stigning i efterspørgslen på plantebaserede fødevarer. Erstatning af animalsk protein med planteprotein er en simpel og letforståelig genvej

til reduktion af fødevarernes klimaaftryk, som enhver kan sætte i værk ved næste madindkøb.

Food Bornholms arbejde med at udvikle velsmagende og næringsrige planteproteiner til human ernæring er rigtig spændende. Konstruktionen, hvor 12 bornholmske landmænd tester proteinafgrøder, giver basis for samarbejde med andre, eksempelvis med SEGES, som deler ambitionen om at udvikle dansk producerede afgrøder til human ernæring.

Lisbeth Henriksen giver et fint overblik over de temaer, som man arbejder med i SEGES, og målet om at øge arealet med afgrøder direkte til fødevarer med 30 - 60 pct. En pointe er, at køer faktisk kan producere mælk på ganske mange af de sidestrømme, som fremkommer ved produktion af plantebaserede fødevarer.

Morten Gylling giver en fin statistisk oversigt over proteinbalancerne i Danmark og påpeger bl.a., at arealet med ærter er reduceret med over 90 pct. siden starten af 00'erne pga. en støtteomlægning. Omvendt må man så konkludere, at med de rette incitamenter kan vi få arealet øget igen.

Desuden viser flere artikler helt nye vinkler og teknologier under udvikling: Eksempelvis produktion af prote-

in ud fra metan, som netop er et særskilt problem i klimasammenhæng, er under udvikling i firmaet Unibio og må siges at være et virkelig spændende alternativ. Men det gælder også proteinfremstilling på basis af mikroalger, som viser yderst lovende perspektiver.

Den globale vinkel er ligeledes væsentlig. På Carlsberg Laboratoriet arbejder dygtige forskere fx med sorghum, som med sin store tørketolerance måske vil kunne modstå klimaforandringerne under de sydlige himmelstrøg og dermed medvirke til at sikre proteinforsyningen lokalt. Endelig har magasinet fokus på en overset proteinkilde – lupin. På det nyligt dannede forskningscenter 'Novocrops' arbejder forskere med at eliminere giftstofferne i lupins meget proteinholdige frø.

Artiklerne giver alt i alt et billede af, at rigtig mange dygtige danske forskere, producenter og landmænd er med helt i front, når det handler om at udvikle interessante, alternative proteinkilder. Og det giver håb om, at proteinforsyningen til mennesker, - men også til en intensiv husdyrproduktion – i langt højere grad vil kunne baseres på en vifte af danske kilder inden for en kortere årrække. Samtidig aner man konturerne af et teknologisk eksporteventyr. Danmark er jo ikke alene om udfordringen med fremtidens proteinkilder.

God læselyst!



04 Vi kan flytte proteinforsyningen
Af Morten Gylling

08 Bornholm satser på planteproteiner
Af Klaus Hansen Petersen

12 Ny viden og nye planter til mad
Af Lisbeth Henriksen

16 Sorghum er en af fremtidens afgrøder
Af Søren Knudsen, Birger Lindberg Møller
& Birgitte Skadhaug



21 Mikroalger – morgendagens superafgrøde
Af Malene Fog Lihme Olsen

26 Lupin – en overset proteinkilde
Af Michael Broberg Palmgren, Fernando
Geu-Flores & Hussam Hassan Nour-Eldin

30 Fra metan til protein
En ny produktionsteknologi er født
Af Gitte Joo Madsen

35 Redaktionens klumme
Af Mikael B. Hansen



Vi kan flytte proteinforsyningen

Gennem en kombination af dyrkning af bælg-sæd og bioraffinering af kløvergræs kan vi producere dansk protein svarende til halvdelen af den nuværende mængde importeret protein

Grundet den relativt store danske husdyrproduktion og -eksport bliver ca. 40 pct. af vores forbrug af vegetabilsk protein importeret, svarende til godt en mio. ton. Der er af flere grunde et udbredt ønske om helt eller delvist at erstatte denne import.

Der anvendes løbende betragtelige ressourcer inden for forskning og udvikling på at øge en bæredygtig dansk produktion af proteiner med de rette egenskaber til human ernæring, foder og tekniske anvendelser.

Feltet er stort og omfatter eksempelvis en øget proteinproduktion fra de dyrkede arealer, udnyttelse af proteiner fra blå biomasser (marine organismer), udnyttelse af mikroorganismer og insekter til proteinproduktion samt udnyttelse af proteiner til humant konsum fra en række industrielle sidestrømme.



Der er et betragteligt potentiale for at øge produktionen af vegetabilsk protein

De nævnte produktioner er dog alle på forskellige stadier teknologisk og udviklingsmæssigt og har et forskelligt økonomisk potentiale. Der vil i det følgende hovedsageligt blive fokuseret på produktion og forbrug af vegetabilsk protein.

Proteinforbruget i tal

Det danske proteinforbrug til human ernæring og den animalske produktion er i størrelsesordenen 2,8 mio. ton, og heraf er godt 60 pct. danskproduceret vegetabilsk protein. Proteinforbruget til human ernæring udgør lige under 150.000 ton svarende til omkring 5 pct. af det samlede proteinforbrug – heraf er kun ca. en tredjedel af vegetabilsk oprindelse.

Proteinforbruget til den animalske produktion består næsten udelukkende af vegetabilsk protein bortset fra

en mindre andel fiskemel. Fodersammensætningen består af grovfoder plus olie-kager for kvægets vedkommende, mens foderet til svin og fjerkræ hovedsageligt består af korn og olie-kager.

Der dyrkes et mindre areal bælgplanter i Danmark, der anvendes i både den konventionelle og den økologiske produktion. Arealet med bælg-sæd er steget fra omkring 7.000 ha. i 2012 til knapt 27.000 ha. i 2020. Proteinet i den humane ernæring stammer hovedsageligt fra sammensatte fødevarer, og godt 60 pct. af proteinforsyningen kommer fra animalske produkter.

Balancen mellem dansk og importeret protein

Knap 70 pct. af det importerede vegetabilsk protein stammer fra soja. Der er i de seneste år kommet et øget fokus på soja, da soja har en række udfordringer som bæredygtighed, GMO og afskovningsproblematik. Der har gennem flere år været europæiske initiativer med hensyn til at få startet en europæisk sojaproduktion. Der er også på EU-niveau en plan for produktion af mere vegetabilsk protein.

Forbruget af protein i den danske animalske produktion svarer til ca. 3 mio. ton. Heraf udgør danskproduceret vegetabilsk protein godt 60 pct.

Den danske produktion af protein udgøres for hovedpartens vedkommende af korn og græs og har



Proteinforbruget til den animalske produktion består næsten udelukkende af vegetabilsk protein bortset fra en mindre andel fiskemel. Fodersammensætningen består af grovfoder plus oliekgær for kvæggets vedkommende, mens foderet til svin og fjerkræ hovedsageligt består af korn og oliekgær.

FOTO: BERT WIKLUND



FOTO: BERT WIKLUND

Proteinet i den humane ernæring stammer hovedsageligt fra sammensatte fødevarer, og godt 60 pct. af proteinforsyningen kommer fra animalske produkter.

den skævhed, at det for omkring halvdelen vedkommende hovedsageligt kan anvendes til drøvtyggere, som i forvejen kun 'aftager' omkring 35 pct. af den samlede import af vegetabilsk protein.

Produktionen af egentlige proteinafgrøder som bælgsgød kun omkring 38.000 ton protein, der hovedsageligt anvendes i konventionelt og økologisk kvægfoder.

Hertil kommer et forbrug af importeret protein på godt en mio. ton, hvoraf omkring 85 pct. er vegetabilsk protein, mens resten udgøres af fiske- og mælkeprodukter. Soja udgør omtrent 70 pct. af den vegetabiliske proteinimport, mens rapskager og solsikkekager udgør hovedparten af resten.

Lidt over halvdelen af den importerede soja anvendes i svineproduktionen, mens omkring 35 pct. går til mælkeproduktionen. De resterende 12 til 13 pct. af den importerede mængde af soja svarer ganske godt til forbruget i fjerkræsektoren samt andre mindre ikke-definerede anvendelser.

Der er ved denne opgørelse ikke taget højde for, at ARLA fra 2021 ikke accepterer GMO i foderet til malkekvæg. Dette vil alt andet lige betyde, at soja i mælkeproduktionen vil blive minimeret, da GMO-fri konventionel soja vil være relativt dyr i forhold til andre alternativer.

Protein i human ernæring

Forbruget af protein til human ernæring er kun ca. 5 pct. af forbruget til den animalske produktion

Omkring to tredjedele af proteinforsyningen i den humane ernæring er af animalsk oprindelse, hvor mejeriprodukter og æg udgør knap 30 pct. svine- og oksekød samt fjerkræ udgør 33 pct. mens fisk udgør 4 pct.



FOTO: COLOURBOX

Lidt over halvdelen af den importerede soja anvendes i svineproduktionen, mens omkring 35 pct. går til mælkeproduktionen.

Der blev i 2018 produceret og anvendt knapt 50.000 ton dansk vegetabilsk protein til human ernæring.

Grøntsager og kartofler tegner sig for lige godt 10.000 ton protein. Hvedemel udgør så godt som 25.000 ton – herefter kommer rugmel med 7.500 ton og havregryn med 7.100 ton. Quinoa og andre proteinrige afgrøder, der dyrkes på 'prøvestadiet', producerer skønsmæssigt 4 til 6 ton protein. Det er således de traditionelle kornarter, hvede, rug og havre, som tegner sig for størsteparten af den danske produktion af vegetabilsk protein, der bliver anvendt til human ernæring.

Dansk proteins potentiale

Som nævnt er der et betragteligt potentiale for at øge produktionen af vegetabilsk protein.

Som et eksempel kunne man se på potentialet for at øge produktionen af protein fra bælgssæd og grøn bioraffinering af kløvergræs.

Bælgssæd som hestebønne, lupin og ært anføres som potentielle proteinafgrøder til anvendelse i human ernæring som råvarer i vegetabilske fødevarer.

Hestebønner og ærter giver et proteinudbytte i størrelsesordenen 1.300 - 1.500 kg pr. ha. Hvis man valgte at fordoble arealet med bælgssæd, kunne man som eksempel producere protein svarende til kød- og fiskeproteinet i den humane ernæring og samtidig fastholde den nuværende anvendelse til kvægfoder.

Bælgssæd har dog nogle sædskiftemæssige egenskaber, der betyder, at der kun bør dyrkes bælgssæd på det samme areal hvert femte år.

Vi kan 'låne' græsset af køerne

Bioraffinering af kløvergræs vil kunne producere ca. 1,9 ton protein af sojakvalitet pr. ha. En produktion af 38.000 ton protein vil kræve dyrkning af ca. 20.000 ha. kløvergræs og en investering i omkring ti decentrale anlæg til bioraffinaderi. Det producerede protein kan efterfølgende opgraderes, såfremt det skal anvendes til human ernæring. De ovennævnte eksempler vil kun marginalt påvirke den eksisterende produktion.

Ved bioraffineringen af græsset produceres der protein af sojakvalitet og en fiberrest, der stort set har samme foderværdi til malkekøer som det græs, der er råvaren til bioraffineringen.

Det betyder, at man kan tale om at 'låne' græsset af køerne, bioraffinere det og udtrække en del af proteinet og levere fiberen tilbage.

Proteinet er GMO-frit, og forskellen i produktionsomkostninger for konventionelt og økologisk protein indskrænker sig til påvirkningen af forskellen i græsprisen.

Ved en kombination af dyrkning af bælgssæd og bioraffinering af kløvergræs vil det være muligt at producere ca. 400.000 ton protein netto fra bioraffineret kløvergræs og omkring 100.000 ton protein fra bælgplanter, forudsat at der foretages den rette udskiftning af de eksisterende afgrøder. Dette vil svare til halvdelen af mængden af det importerede protein.

En mulig proteinstrategi

Forbruget af rent vegetabiliske fødevarer er de sidste år steget væsentligt mere end forbruget af fødevarer generelt. En række danske vegetabiliske produkter vil være velegnede som råvarer og proteinkilder i de nye vegetabiliske fødevarer.

Bæredygtig, certificeret og GMO-fri soja kan blive en stigende del af det humane proteinindtag sammen med cerealieprotein og bælgplanteprotein samt en række mere 'eksotiske' ingredienser, når man ser på recepterne til flere af de vegetariske fødevarer.

Plantefars vil være – eller er – det mest oplagte produkt i en tidlig dansk kontekst, da det har mange af de samme anvendelsesmæssige egenskaber som hakket kød.

Omtrent halvdelen af det danske kødforbrug (rent kød) består af hakket kød. Både plantefars og færdigretter kan betegnes som 'blandingsprodukter' forstået således, at de fleste produkter består af en blanding af forskellige vegetabiliske produkter.

Danskproducerede bælgplanter som hestebønner og forskellige ærte typer vil have gode muligheder som bærende ingredienser i vegetabiliske retter. Arealet med ærter er i dag på omkring 7.000 ha. Sidst i 1990'erne var arealet oppe på godt 100.000 ha, og ærter udgjorde dengang en ikke uvæsentlig proteinkilde. Arealet faldt voldsomt først i 2000'erne som følge af støtteomlægning.

Betydelige eksportpotentialer

Som beskrevet er der en række muligheder for at flytte proteinforsyningen til den animalske produktion og den humane ernæring i en mere klimavenlig og bæredygtig retning. Det er dog ikke noget, der bare sker uden en væsentlig indsats.

Man kan se segmentet til foder som et volumenmarked, hvor produktionstekniske egenskaber (i bred forstand) og pris er væsentlige parametre. Segmentet for human ernæring har på kort sigt en mindre volumen, men et større økonomisk potentiale, hvor smag og brugsegenskaber har væsentlig betydning. Der vil på sigt være betydelige eksportpotentialer af teknologi og systemer.

Det er vigtigt i en tidlig fase at vælge og satse på afgrøder og teknologier, der i størst mulig udstrækning

kan skabe synergi i nye og tilpassede produktions- og logistikkæder.

Der skal investeres i procesudstyr og ovennævnte logistikkæder. Der vil her ofte være tale om det samme procesudstyr og den samme teknologi for de animalske og vegetabiliske produkter. Man kan også forestille sig et øget indhold af plantebaseret indhold i mange produkter, uden at de bliver rent vegetabiliske.

Der er mange muligheder for at dele en stor del af udviklingsomkostningerne i de tidlige trin mellem de vegetabiliske og animalske produktioner, ligesom det også kan sikre muligheder for en god kapacitetsudnyttelse, især i de tidlige år.

Det synes at være et godt tidspunkt at satse på en professionel produkt- og markedsudvikling på området. Der er en stor forbrugereninteresse for rent vegetabiliske madvarer, og der er flere støtteprogrammer inden for området.

*Cand. agro. Morten Gylling
er seniorrådgiver ved Institut for
Fødevare- og Ressourceøkonomi, KU.*

Ved bioraffineringen af kløvergræs produceres der protein af sojakvalitet og en fiberrest, der stort set har samme foderværdi til malkekøer som det græs, der er råvaren til bioraffineringen. Det betyder, at man kan 'låne' græsset af kærne, bioraffinere det, udtrække protein og levere fiberen tilbage.

Bornholm satser på plante proteiner

Netværket Food Bornholm er klar til kommerciel produktion og afsætning af humane proteinafgrøder

Tolv gæve landmænd er gået sammen og satser på produktion af plante proteiner til human ernæring. De har organiseret sig i en forening – Food Bornholm F.M.B.A (1), som skal være med til at sætte gang i lokal produktion og afsætning af nye proteinafgrøder og dermed leve på den efterspørgsel, der er på både økologiske og konventionelle danske proteinafgrøder.

Der satses på linser, kikærter, boghvede, quinoa, amarant, lupiner og flere andre afgrødetyper. Fællesskabet tæller sammenlagt mere end 3.000 ha, og flere kan komme til, hvis behovet og efterspørgslen for lokalt producerede danske plante proteiner stiger.

Plantebaseret kost - et voksende marked


En ny rapport fra en række forskere, der deltager i projektet 'Smart Protein' (2), indeholder data indsamlet fra supermarkeder i elleve europæiske lande i løbet af de seneste tre år. Det er den hidtil mest omfattende og nøjagtige information, der er indsamlet om forbrugernes køb af plantebaserede fødevarer i Europa.

Rapporten viser, at det europæiske marked for plantebaserede fødevarer er vokset med 49 pct. på bare to år. I Danmark er salgsværdien af plantebaseret 'kød' steget markant med 50 pct. i denne periode.

Såfremt vi lykkes med at etablere forsyningskæder i Danmark fra 'farm to fork', hvor danske forbrugere, kokke og fødevarerproducenter efterspørger og primært anvender danske proteinafgrøder – og producenten er i stand til at levere et produkt, der lever op til kvalitetskravene – vil denne udvikling have en meget positiv effekt på bæredygtigheden og derigennem reducere dansk landbrugs klimaaftryk.

En øget mangfoldighed på de dyrkede arealer kan derudover medvirke til at reducere behovet for pesticider. De fleste proteinafgrøder skal sås om foråret og er derfor ikke nær så sårbare over for svampeangreb som vinterafgrøder såsom vinterhvede og vinterraps. Derudover giver blomstrende afgrøder øget fødegrundlag til pol-





Det bornholmske netværk skal agere fleksibelt og være klar til at levere de afgrøder, som efterspørges i fremtiden. Styrken ved at danne en forening er åbenlys. Risikoen for den enkelte landmand nedsættes i stor grad, da meget kan gå galt, når man arbejder med nye afgrøder. Her et forsøg med hestebønner.

lensøgende insekter og gavner selve oplevelsen af kulturlandskabet med øget mangfoldighed. Bælgplanterne kan dernæst også selv skaffe sig kvælstof fra luften via biologisk kvælstofbinding og derigennem reducere dansk landbrugs behov for import af kunstgødningskvælstof, hvilket igen vil reducere udledningen af drivhusgasser.

Værdien af et netværk

Det bornholmske netværk skal udvikle sig til en stærk lokal planteproduktionsenhed, der kan agere fleksibelt, hurtigt og være klar til at levere de afgrøder, som efterspørges i fremtiden. Det skal være en enhed, der kan forene forretning, forskning, innovation og udvikling, og som skal producere kvalitetsplanteproteinfødevarer primært til konsum – hvilket stiller ekstra store krav til ernæringskvaliteten.

Der er en lang række gode grunde til at etablere et lokalt netværk, men selve idéen fik den 55-årige gårdejer Jens Brandt, der har en drøm:

”Jeg vil leve af 70 Ha, og så kunne det være interessant, om vi virkelig kunne lave et nyt produkt, der var efterspørgsel på, og som samtidig kunne gøre noget godt for klimaet.”

Styrken ved at danne en forening er åbenlys. Risikoen for den enkelte landmand nedsættes i stor grad, da meget kan gå galt, når man arbejder med nye afgrøder. Arbejdsmoralen er ”Går det helt galt, kan vi altid putte høsten i grisene”. Når flere går sammen, kan man sprede risikoen ud, hvilket giver større robusthed og sikkerhed for, at noget lykkes. Desuden giver det langt større forsyningssikkerhed for aftagerne af produkterne. Mange bække små gør som sagt en stor å.

Netværket kan også trække på fælles maskinpark og kompetencer, da det både kræver specialudstyr at så, renholde og høste disse afgrøder samt rettidig omhu. Desuden er landmænd også sociale væsener, der >



FOTO: CHRISTIAN MØLLER HOLM

Høsten på Bornholm 2020. Såfremt foreningen lykkes med at etablere forsyningskæder i Danmark fra 'farm to fork', hvor danske kokke og fødevarerproducenter efterspørger danske proteinafgrøder, vil det have en positiv effekt på bæredygtighed og klimaaftryk.

gerne mødes for at dele gode erfaringer og deltage i forskellige faglige netværk. Netop denne kendsgerning er en medvirkende årsag til, at dansk landbrugsproduktion rent fagligt og produktionsteknisk er i verdensliten. Foreningen har derudover ansat en koordinator, som skal binde produktionen sammen med markedet.

Dyrkningsforsøg på Bornholm i 2020 viste, at særligt linser, hvide lupiner og kikærter har potentiale

Bornholm som testø for nye afgrøder

Bornholm udgør en perfekt afgrænset geografisk lokalitet til test af storskalaforsøg. Senest anvendt i forbindelse med coronagenåbningen.

Rent klimamæssigt er Bornholm også interessant – ikke mindst som lokalitet til afprøvning af fremtidens klimarobuste afgrøder. Øens

klima kan være et godt bud på, hvordan klimaet i resten af Danmark i fremtiden vil se ud. Bornholm er begunstiget med et mildt klima, der er præget af mange solskinstimer kombineret med en mindre nedbørsmængde i forårs- og sommerperioden og mere koncentreret nedbørsmængde i efterårs- og vintermånederne. Foråret er som oftest køligt, imens sensommeren til gengæld er varm. Dette skyldes primært det omkringliggende hav, der fungerer som en enorm buffer for solens varme, der kun langsomt lader sig opvarme i foråret og afgive varme om efteråret.

Mellem nord og syd har øen forskellige topografiske forudsætninger, hvilket forskyder høsttidspunktet for samme afgrøde i op til fjorten dage på trods af kun få kilometers afstand markerne i mellem. Der er stor variation i nedbørsmængde og temperatur med en stigende nedbørsmængde og en faldende temperatur inde midt på øen. Skovbevoksningen midt på øen er med til at udjævne temperaturstigninger og bidrager til dannelse af 'fastlandsklima' med meget nedbør til følge. Kystnært kan der fx dyrkes mere eksotiske kornarter såsom ølandshvede og durum samt specialfrø såsom sneglebælg, persille og sommerblomster. Bornholm er ligeledes kendt for sine mange figentræer, der danner moden frugt.

Dyrkningsforsøg på Bornholm i 2020 viste, at særligt linser, hvide lupiner og kikærter har potentiale på Bornholm, idet afgrøderne typisk er udfordret på afmodning i sensommeren. Derfor vil det være oplagt at arbejde videre med nogle af disse afgrøder i fremtiden lokalt på Bornholm. Desuden har de bornholmske landmænd allerede gode erfaringer med hestebønner primært til foderforsyning, da de allerede i 2016 dyrkede 670 ha med

bælgssæd, hvilket arealmæssigt var mere end fire gange så stort et areal med bælgssæd i forhold til resten af landet.

I 2020 blev Bornholm brugt som testø for nye økologiske protein-afgrøder i samarbejde med SEGES. Der lægges også op til nye landsforsøg i 2021 på Bornholm samtidig med, at det lokale netværk satses på kommercielle afgrøder på 48 ha.

Lurmærkede planteproteiner?

Landbrugere i Danmark har historisk set altid været gode til at organisere sig og tilpasse produktionen efter markedet. Det er en vigtig forudsætning for en landbrugsproduktion i større skala, at produkterne kan afsættes enten lokalt eller globalt.

Andelsbevægelsen har været en medvirkende årsag til at sætte fælles høje og ensartede standarder for landbrugsproduktionen. Lurmærket blev allerede et registreret varemærke den 23. oktober 1901, og alle andre smørmærker blev bedømt efter det. Kan denne historie gentage sig med planteproteiner, hvis man fra dansk side arbejder systematisk og innovativt med disse nye afgrøder?

”Der vil altid være en øget risiko, når man som landmand dyrker nye afgrøder. Netværket Food Bornholm kan bidrage med viden og øge succesraten væsentligt for den enkelte,” siger landmand Christian Møller Holm, der er en del af netværket.

Det er ganske enkelt en stor faglig udfordring for den enkelte landmand at få disse specialafgrøder til at gro og give et økonomisk bæredygtigt udbytte. Den eneste forskel på konventionel og økologisk produktion er på papiret, idet der ikke findes godkendte plantebeskyttelsesmidler til proteinafgrøderne.

Et vigtigt fundament er indsamling af viden om afgrøden på sorts-niveau og viden om, hvordan den enkelte sort reagerer på de klimatiske forskelle, der trods landets beskedne størrelse findes. Den faglige udfordring med etablering og pasning af afgrøden virker stærkt motiverende for mange, der arbejder med primær produktion, uanset om man dyrker konventionelt eller økologisk.

Samarbejde, nysgerrighed og viljestyrke driver værket

Netop det forhold, at vi kan udnytte synergien mellem konventionel og økologisk produktion, er en stor styrke ved netværket. Det handler om at finde hinandens styrker og ved fælles hjælp minimere svagheder. Begge produktionsformer kan og skal levere grønne planteproteiner og levere på klimadagsordenen.

Samtidig kan samarbejde og vidensdeling gøre arbejdet meget sjovere, og det øger også chancerne for succes for den enkelte. Landmænd higer som alle andre erhverv efter respekt og anerkendelse i samfundet. Dyrkning og produktion af klimavenlige afgrøder kan i den grad give producenten grøn samvittighed og større sikkerhed for, at der er noget at leve for og leve af i fremtiden.

Målet for Food Bornholm er at sikre en god og autentisk spise-

Tolv landmænd har organiseret sig i foreningen Food Bornholm, som skal være med til at sætte gang i lokal produktion og afsætning af nye proteinafgrøder. Her er foreningens medlemmer på markvandring i en økologisk forsøgsmark i august 2020.



FOTO: KLAUS HANSEN PETERSEN

kvalitet i slutproduktet. Midlet er samarbejde med andre gode aktører. Netværket på Bornholm er i høj grad drevet af lige dele nysgerrighed og viljestyrke.

Det lokale netværk er dog dybt afhængigt af gode aktører i resten af landet, som enten kan stå for videreforarbejdning eller salg, og vi hører gerne fra dig for at drøfte mulighederne for samarbejds- og afsætningsmuligheder.

Kilder:

1. Læs mere om Food Bornholm på www.facebook.com/FoodBornholm
2. Læs mere på Smart Proteins hjemmeside smartprotein-project.eu

Landskabsarkitekt Klaus Hansen Petersen er ansat som koordinator for Food Bornholm samt virksomhedsrådgiver og projektkoordinator hos Bornholms Landbrug & Fødevarer.

Ny viden og nye planter til mad

Vores mål i SEGES og Landbrug & Fødevarer er at få så mange danskdyrkede fødevarer på den grønne del af tallerkenen som muligt

En stigende andel af forbrugerne efterspørger plantebaserede fødevarer – vel at mærke nye, plantebaserede fødevarer baseret på nye råvarer og med nye smage og teksturer. Men plantebaserede fødevarer er jo ikke noget nyt. I årtier har danskerne nydt øl produceret på maltbyg, rugbrød og havregryn – for ikke at glemme danske friske grøntsager. I landhusholdningen for 100 år siden var korn og grøntsager hovedelementet i kosten.

Marked i hastig udvikling

Der er allerede udviklet mange nye plantebaserede fødevarer i Danmark og uden for landets grænser, og markedet er i hastig udvikling. For dansk landbrug og danske fødevarerproducenter er opgaven at afsætte plantebaserede fødevarer, der kan produceres på danske råvarer, som også er sunde, ernæringsrigtige og klimavenlige. Væksten og forretningsudviklingen skal tilgode den danske fødevarerklunge.

Der importeres i dag en væsentlig mængde plantebaserede proteindråvarer til Danmark, som anvendes i fødevarer. Men vores mål i SEGES og Landbrug & Fødevarer er at få så mange danskdyrkede fødevarer på den grønne del af tallerkenen som muligt – i stedet for importerede produkter. Fremadrettet skal markedet for tofu og andre soja-baserede produkter suppleres med råvarer produceret på danske proteinkilder som fx ærter.

Der er efterspørgsel fra fødevarervirksomhederne efter danske råvarer og dansk protein. Men værdikæden for plantebaserede fødevarer er endnu præliminær og uden en etableret prissætning for indkøb og afsætning af råvarer og ingredienser. Så den manglende fleksibilitet i de forskellige led i værdikæden er fortsat en væsentlig barriere for danske fødevarervirksomheder. De store overordnede behov, som vi har identificeret, er:



FOTO: COLOURBOX

Der er allerede udviklet mange nye plantebaserede fødevarer både i Danmark og uden for landets grænser – og markedet er i hastig udvikling.

Den nye, moderne tids plantebaserede dagsorden er bl.a. drevet ud fra forbrugernes ønske om klimavenlige fødevarer. Derudover ønsker flere forbrugere at opnå sundhedsfremmende egenskaber fra deres mad samt at kunne spise fødevarer, der er mindst muligt forarbejdede.

Flere og bedre plantebaserede fødevarer på tallerkenen udelukker dog ikke animalske produkter som ost, mælk, kød og æg. Faktisk anbefaler de nye danske kostråd lanceret i 2021, at der stadig er kød i danskernes menu. En sund kost er en varieret kost.



INGER BERTELSEN, SEGES

Fremadrettet skal markedet for tofu og andre sojabaserede produkter suppleres med råvarer produceret på danske proteinkilder – eksempelvis ærter.

- En bedre koordinering i hele værdikæden fra råvare til tallerken
- Mangel på kapacitet af anlæg og teknologi på dansk jord til processering af råvarerne – fx sendes ærter pt. til udlandet for at få udvundet proteindelen
- Mere innovation og udvikling både inden for råvare- og primærdelen, procesteknologi og fødevarerproduktion – og gerne i tættere samspil med de store etablerede fødevarerproducerende virksomheder for at få bedre indsigt i marked og forbrugertrends

Innovation og alliancer

Som landbrugets innovationshus arbejder SEGES konkret med dette område i flere spor. Det er med fokus på at styrke landmandens muligheder for at levere afgrøder til dette nye voksende marked. Og det er både inden for både den konventionelle og den økologiske produktion.

Sammen med Food & Bio Cluster Denmark har vi dannet en alliance, som dækker hele jord til bord-værdikæden. Alliancens første opgave er at kortlægge de barrierer i værdikæden, som landmanden oplever i forhold til at dyrke og afsætte afgrøder til fødevarer. Kortlæg-

ningen danner grundlag for en række andre indsatser som fx nye projekter, landsforsøg med afgrøder, innovation af fødevarerprodukter samt etablering af nye værdikæder.

Og netop landsforsøg er der, hvor SEGES afprøver nye afgrøder og nye forædlede sorter under forskellige dyrkningsforhold. Uden forsøg er landmanden på herrens mark i forhold til dyrkningen af de konkrete afgrøder.

Nogle af dem er nye afgrøder til dyrkning i det danske klima og under danske forhold, så det kræver opbygning af viden om, hvordan afgrøden lykkes bedst. Landsforsøgene skaber resultater, der danner grundlag for vidensbaseret rådgivning om sortsvalg. Når afgrøden dyrkes til fødevarer i stedet for til foderformål, stilles der andre krav til eksempelvis smag, næringsind-

hold og kvalitet. Det bidrager landsforsøgene også til. De har også fokus på dyrkningsmetoder og høst, men også udfordringer i forhold til sædskifter og lignende.

Løbende behov for viden

Da SEGES arbejder for landmændene og primærledet i fødevarerproduktionen, er der også løbende behov for at få viden om, hvad der er behov for af råvarer til fødevarer, og hvad forbrugerne efterspørger. Derfor har SEGES de senere år gennemført projekter, bl.a. sammen med Vegetarisk Forening, hvor markedspotentialet undersøges – fx har projektet skabt viden om, hvilke konkrete proteinafgrøder der efterspørges. Her er ærter en topscorer.

I forlængelse af det arbejde har SEGES sammen med blandt andre Landbrug & Fødevarer samt Økologisk Landsforening afholdt workshops – fx på Bornholm for landmænd og virksomheder – bl.a. for at

for produktion af disse afgrøder til foder, og en opskalering af disse vil derfor være meget nærliggende. SEGES arbejder også med andre afgrøder som:

- Smalbladet og hvid lupin: Smalbladet lupin er en mindre afgrøde med generelt dyrkningspotentiale, men som heller ikke er udforsket til fødevarer, og der er behov for udvikling af dyrkningen. Hvid lupin er en ny afgrøde
- Linsler, kikærter: Mindre afgrøder kun af interesse til konsum – behov for udvikling af dyrkning i Danmark
- Raps til fødevarer – nem at dyrke, men har nogle udfordringer i forhold til indholdsstoffer og er udfordrende at dyrke økologisk
- Nye typer korn til fødevarer – har dyrkningsmæssige udfordringer ift. proteinindhold, men også andre muligheder som fx glutenfri havre
- Nicheafgrøder: Hamp, quinoa, boghvede, hør, amarant og nødder, som alle har særlige fødevareregenskaber
- Afgrøder til spiseolie: Raps, hør, hamp, valmuer, kommen, sesam, solsikker og chia

Det er helt afgørende for efterspørgslen, at plantebaserede fødevarer og måltiderne, hvori de indgår, smager godt. Uden efterspørgsel, intet marked. Derfor skal SEGES, fødevarerproducenter mv. i samspil med kokke og stor-

køkkener udvikle nye opskrifter til både professionelle, skoler og forbrugerne for at sikre optimal anvendelse af råvarerne og fødevarerprodukterne ift. smag samt generel vejledning om anvendelse og tilberedning.

Internt har Plantesektoren i Landbrug & Fødevarer sat sig selv

et uofficielt mål – nemlig at der inden for de nærmeste år udvikles et vidensniveau, marked og forarbejdningsapparat, så der er et økonomisk fundament for at dyrke planter til fødevarer på yderligere cirka 100.000 - 200.000 ha dansk markjord. I dag dyrkes der næsten 300.000 ha med afgrøder til mad i Danmark.

Er koen disrupted i 2030?

Plantebaserede fødevarer udelukker ikke animalske fødevarer, og korn-, plante- og grøntsagsproduktion i Danmark udelukker ikke husdyrproduktion i Danmark. Men særligt koen har været i skudlinjen, da koen er den helt store 'klimasynder', fordi der udledes klimabelastende metan fra køerne i forbindelse med deres fordøjelsesproces. Udledningen af metan fra køerne kan dog både reduceres via særlige fodringstiltag og opsamles via teknologi. Det arbejder SEGES sammen med landmændene på at finde løsninger for. Løsninger, der også kan anvendes i praksis.

Derudover er også en fin synergi mellem fx koen og de plantebaserede fødevarer. Sidestrømme som mask fra ølproduktionen og pulp fra juiceindustrien kan fodres til køer og omdannes til mælk, der indeholder vigtige aminosyrer. Og der vil kun være øgede mængder af rest- og sidestrømme, når udviklingen af plantebaserede fødevarerprodukter tager fart. Gylle fra køerne kan blive omdannet til

Efterspørgslen efter planteproteiner er voksende, men hele tiden i konkurrence med pris

opsamle viden om markedspotentialet på de råvarer, som forbrugerne efterspørger.

Men selv om markedet for flere plantebaserede fødevarer har et stort potentiale, er området stadig i dag under udvikling. Efterspørgslen efter særligt planteproteiner er voksende, men hele tiden i konkurrence med pris. Derfor arbejdes der på at forædle dyrknings sikre afgrøder med et højt udbytte for at få omkostningerne ned.

Gamle kendinge tilbage på markerne

Den danske landbrugssektor har tidligere været storproducent af hestebønner og ærter, som primært har været produceret til grisefoder. Den stigende efterspørgsel efter plantebaserede proteiner betyder dog, at afgrøder som hestebønner og ærter til human ernæring i højere grad skal tilbage på markerne. Landmændene har allerede viden og erfaring inden

energi i biogasanlægget, hvorefter det kommer tilbage på marken som gødning til planterne. Denne cirkulære form for produktion kræver en masse samarbejde på tværs af landbruget, som SEGES og landmændene også er i fuld gang med at arbejde med. Det er godt klimaarbejde at undgå spild.

Vi vil opbygge en dansk styrkeposition

Den globale klimaudfordring løses ikke ved, at danske landmænd dropper dyrene. Den løses heller ikke ved, at danskere udelukkende spiser plantebaserede fødevarer. På verdensplan viser alle fremskrivninger nemlig, at der fortsat vil være efterspørgsel efter animalske fødevarer. Dansk landbrug har en styrkeposition, når det kommer til bæredygtighed og lavt klimaafttryk inden for kød og mejeri. Den position fortsætter SEGES også med at udvikle. Afvikles husdyrproduktionen i Danmark, flyttes den med stor sandsynlighed bare til andre lande. Det vil være lande, der måske i langt mindre grad anvender miljøteknologi eller andre virkemidler til at reducere ammoniak, CO₂ og metan.

Når vi nu går i gang med at udvikle fundamentet yderligere for plantebaserede fødevarer i alle led – fra gården til forarbejdningen til afsætnings- og markedsføringen - kan og skal vi bruge vores erfaringer fra vores velfungerende værdikæder omkring kødet og mælken.

Så skal vi nok over de kommende år lykkes med at opbygge endnu en dansk styrkeposition. Denne gang inden for plantebaserede proteiner og fødevarer til gavn for den danske landmand – og i sidste ende derfor også fødevarerhvervet og forbrugerne. Det arbejder vi i hvert fald for i SEGES og resten af landbrugserhvervet.

Cand. agro. Lisbeth Henriksen er direktør for Innovation ved SEGES.

Plantesektoren i Landbrug & Fødevarer har sat sig selv et uofficielt mål – nemlig at der inden for de nærmeste år udvikles et vidensniveau, et marked og et forarbejdningsapparat, så der er et økonomisk fundament for at dyrke planter til fødevarer på yderligere cirka 100.000 - 200.000 ha dansk markjord. I dag dyrkes der næsten 300.000 ha med afgrøder til mad i Danmark.

Sorghum er en af fremtidens afgrøder

Sorghum har en kernesammensætning meget lig majs, dog er sorghum væsentlig mere tørketolerant. Afgrøden findes fortrinsvis i Afrika og Asien, men der er gode muligheder for dyrkning af sorghum særligt i Sydeuropa i de kommende årtier, når klimaændringerne slår mere igennem

FOTO: BIRGER LINDBERG MØLLER

Produktion af tilstrækkelige mængder fødevarer til verdens befolkning udfordres af klimaforandringer og et voksende befolkningstal. Yderligere er der en erkendelse af, at den animalske produktion er en belastning for klimaet, hvilket medfører en øget efterspørgsel på plantebaserede fødevarer. De stigende temperaturer, som er målt gennem de seneste 50 år, forventes globalt set at stige yderligere i de kommende årtier.

Dette vil medføre en negativ påvirkning af landbrugsarealerne i subtropiske områder – ofte med længere tørkeperioder til følge. I disse områder dyrkes store arealer af bl.a. majs til modenhed, ofte anvendt som primær stivelseskilde i fødevarerproduktionen. Majs har et højt kerneudbytte under optimale dyrkningsbetingelser. Majsudbyttet reduceres betragteligt ved længerevarende tørke i vækstsæsonen og kan gå helt tabt i dårlige år.

Sorghum har en kernesammensætning meget lig majs, men sorghum er væsentlig mere tørketolerant og kan producere et udbytte selv under længerevarende tørke i vækstsæsonen. Sorghum er ligesom majs en C4-plante (se boks) og har derfor en meget effektiv fotosyntese, der med lyset som energi optager og omdanner luftens kuldioxid til kulhydrater under tilstedeværelse af vand.

Udbyttepotentialerne for sorghum og majs er derfor

C4- eller C3-plante?

C4-planter danner under fotosyntesen – som første trin i optagelsen af kuldioxid fra luften – organiske syrer med 4 kulstofatomer. Disse omdannes derefter til organiske syrer med 3 kulstofatomer. De fleste andre planter (C3-planter) danner organiske syrer med 3 kulstofatomer som første trin i fotosyntesen. C4-fotosyntesen er tilpasset et miljø med høj lysintensitet og varme samt perioder med vandmangel, og C4-planterne er derfor særligt udbredte i tropiske og subtropiske egne med disse vækstbetingelser.

store, men varierer meget afhængigt af vækstbetingelserne. Udbyttet for sorghum kan variere fra 0,3 - 12 ton pr. ha afhængigt af dyrkningsbetingelserne og den valgte sort (1).

Mere end 90 pct. af arealerne med sorghum dyrkes i udviklingslande – fortrinsvis i Afrika og Asien. I Europa er sorghum en relativ lille afgrøde, men der er gode muligheder for dyrkning af sorghum særligt i Sydeuropa i de kommende årtier, når klimaændringerne slår mere igennem, og længere tørkeperioder sandsynligvis bliver almindelige.

Sorghum kan modstå tørke

Forædling af nye plantesorter er en løbende proces, hvor der frembringes nye sorter med højere udbytte og ofte også en bedre kvalitet.

Forædlingen af de mest almindelige kornsorter såsom hvede, majs, ris og byg har i perioden fra 1961 til 2019 medført en to- til tredobling af udbyttet, mens udbyttestigningen i sorghum frem til 1980 overraskende nok kun var ca. 50 pct. for derefter at flade ud (2, figur 1).

Selv om udbyttefremgangen i sorghum er stagneret, er arealerne dyrket med sorghum stigende i Afrika (2, figur 2) hovedsagelig grundet sorghums nævnte tørketolerance samt evne til at gro på dårlige jorde og producere et relativt stabilt udbytte selv med minimal tilførsel af næringsstoffer.

Sorghums evne til at modstå tørke tilskrives plantens evne til at gå i 'dvale', hvor planten sammenruller bladene, hvorved det eksponerede bladareal reduceres og fordampningen af vand (transpirationen) reduceres. Yderligere har bladene en overflade indeholdende et vokslag, der beskytter mod udtørring. Dette bevirker, at sorghum har brug for mindre vand til vækst og kerneproduktion end andre kornsorter. Eksempelvis kræver sorghum kun 141 liter vand, hvorimod majs kræver 170 liter og hvede 241 liter vand til produktion af et kg plantemateriale (1).

En udfordring ved dyrkning af planter i tropiske og subtropiske områder er de høje temperaturer, som afgrøderne udsættes for midt på dagen. Udbyttet påvirkes negativt, særligt i perioden omkring blom-

string. Maksimum dyrkningstemperatur for sorghum er ca. 33°C mens samme temperatur for majs er 29°C (3).

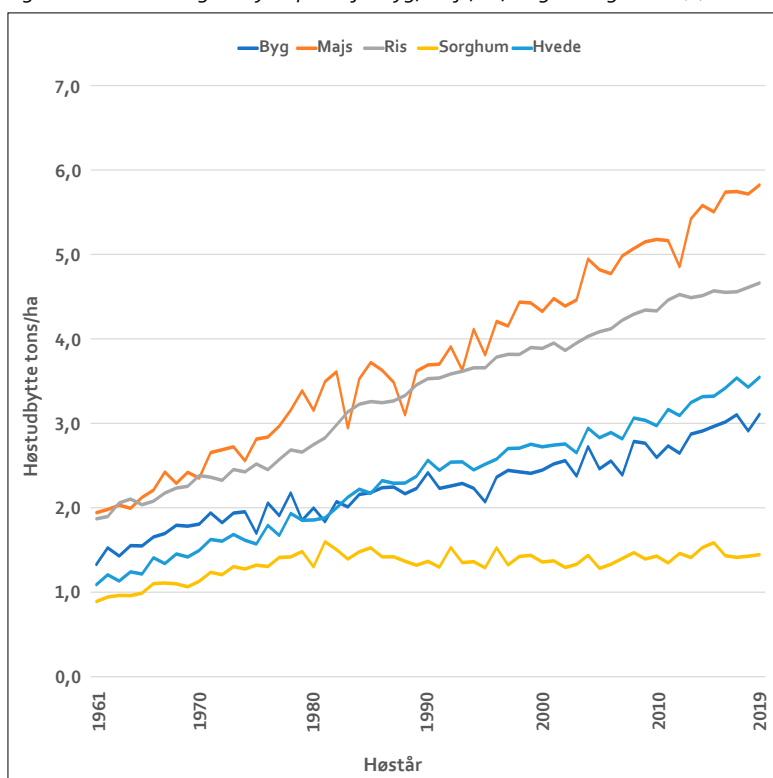
Så selv om sorghum er forholdsvis tørke- og varmetolerant, er der stadig behov for udvikling af sorter med forbedret tørke- og varmetolerance, da klimaforandringerne forventes at øge temperaturen yderligere (4,5). >



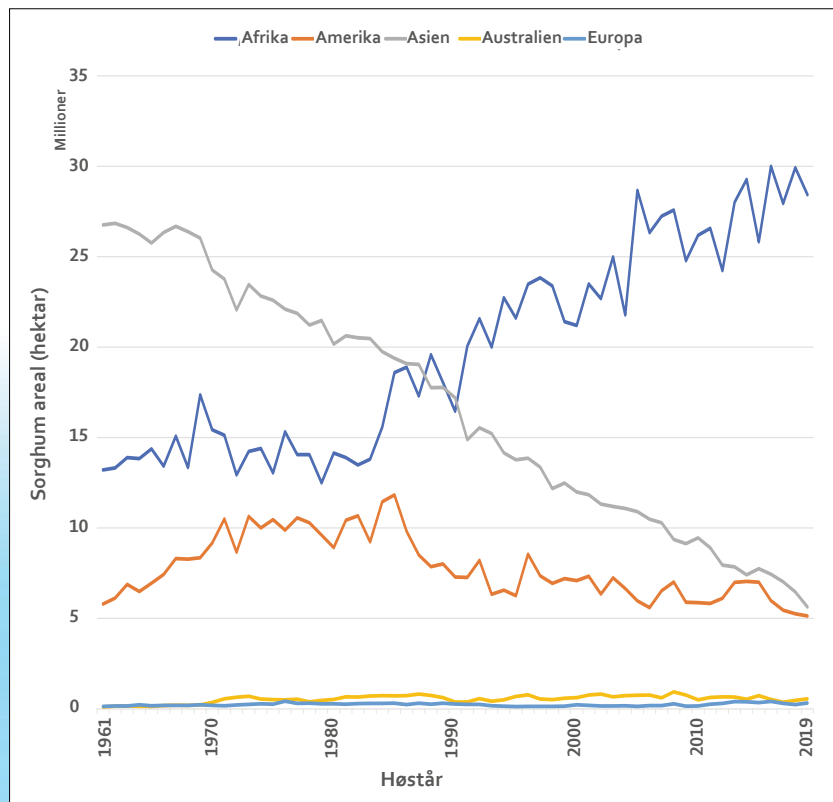
De kommende årtiers klimaforandringer kan få indflydelse på dyrkning af majs til fødevarereproduktion i subtropiske områder. Udbyttet reduceres betragteligt ved længerevarende tørke i vækstsæsonen og kan gå helt tabt i dårlige år. Sorghum derimod er mere tørketolerant og kan producere et udbytte selv under længerevarende tørke i vækstsæsonen.

FOTO: COLOURBOX

Figur 1. Gennemsnitligt udbytte pr. ha for byg, majs, ris, sorghum og hvede (2).



Figur 2. Samlet dyrket areal for sorghum i Afrika, Amerika (syd og nord), Australien og Europa (2)



Sorghumplanter i vækst i forsøgsmarken. Carlsberg Fondet har besluttet at støtte udviklingen af nye, mere tørketolerante sorghumlinjer med forbedret kvalitet. Dette gøres ved at etablere Semper Ardens grundforskningsprojekt 'CROPS FOR THE FUTURE' – et samarbejde mellem Carlsberg Laboratorium, Københavns Universitet og Queensland Universitet.

Sorghums tanninindhold har betydning

Sorghumsorter med hvide kerner har ofte et lavt indhold af tanniner, og denne type er efterspurgt til produktion af mad, øl og foder. Tanninerne mindsker tilgængeligheden af næring, da kernens proteiner – især de prolinholdige lagerproteiner – fastlåses i komplekser med tanninerne, som i sorghum benævnes kafirinerne) (6,7).

Ligeledes giver et højt indhold af tanniner en kerne, der kræver brug af mere energi til formalingen (9). Sorghum anvendes i Afrika meget som stivelseskilde ved brygning af øl. Typisk erstattes 10 til 40 pct. af bygmalt med sorghumkerner, som tilsættes sammen med bygmalt under brygningen. Sorghum kan også maltes og bruges til brygning af øl uden bygmalt.

Kvaliteten af sorghummalten er dog ikke på højde med bygmalt. Særligt er den hydrologiske enzymaktivitet mindre i spirende sorghumkerner, og der kan dannes cyanogene glykosider under maltningprocessen, som kan omdannes til det giftige hydrogencyanid (blåsyre). Smagen af øl brygget på sorghum afviger typisk fra øl brygget på bygmalt og beskrives som mere syrlig, bitter og astringerende (10).

Forædlingsprocessen accelereres

Klimaændringerne, befolkningstilvæksten og den forventede ændrede efterspørgsel på plantebaserede fødevarer fordrer, at selv marginale landbrugsarealer skal udnyttes til produktion af fødevarer. Her er sorghum et oplagt valg til tørre og varme regioner. Udfordringerne nævnt ovenfor kalder på en øget indsats på planteforædlingsområdet med fokus på at forbedre kerneudbyttet under tørre og varme vækstbetingelser samt kvaliteten af de høstede kerner.

For at accelerere denne proces har Carlsberg Fondet besluttet at støtte udviklingen af nye, mere tørketolerante sorghumlinjer med forbedret kvalitet. Dette gøres ved at etablere Semper Ardens grundforskningsprojekt 'CROPS FOR THE FUTURE' – et samarbejde mellem Carlsberg Laboratorium, Københavns Universitet og Queensland Universitet.

I projektet forenes viden og teknologi fra de tre laboratorier til at understøtte og drive udviklingen og forædlingen af nye sorghumlinjer. Forskerne på Københavns Universitet bidrager med årtiers akkumuleret viden om biosynteseveje i planter og deres mulige betydning for plantens evne til at gro under tørke. Forskerne på Carlsberg Laboratorium bidrager med stor erfaring og indsigt i screening og identifikation af genetiske varianter i planter. Forskergruppen på Queensland Universitet i Australien bidrager med forædling og dyrkning af sorghum.

Vi leder efter genetiske varianter

Specifikt vil projektet udnytte tilgængelig viden om, hvordan specifikke gener bliver udtrykt i planter, og hvordan dette kan kobles til tørkeresistens både i sorghum og i andre plantearter. Der gennemføres en såkaldt 'metaanalyse', hvor mange studier af genaktiviteten i tørkeramte planter sammenlignes og særlige mønstre identificeres, som kan anvendes til forståelse og udvikling af planters tørketolerance. Ved at studere detaljerne



Hver eneste produceret kalorie er vigtig for verdens befolkning. Efterspørgslen på fødevarer vil stige i de kommende år

i genomsekvensen er det muligt at identificere særlige genetiske varianter, som vurderes at have betydning for plantens tørketolerance. Denne viden vil blive brugt til at lede efter lignende genetiske varianter i sorghum.

Projektet vil fokusere på undersøgelse af tre hovedområder relateret til sorghums tørketolerance:

- Korrelationen mellem tørketolerancen efter blomstring og 'stay green'-egenskaben, hvor planterne forbliver grønne under tørkestress og dermed sikrer et højt udbytte. Stay green-egenskaben er korreleret med evnen til at inaktivere reaktive oxygen radikaler og er delvis kontrolleret af cyanogene glykosider (11). Mange gener formodes at være involveret i stay green-egenskaben, og projektet vil undersøge effekten af de enkelte gener med henblik på at finde veje til at forstærke stay green-effekten.
- N-Hydroxy-pipecolsyre er et kendt signalmolekyle, som inducerer stresstolerance i planter (12). Sorghum har ni CYP79-gener med N-hydroxylerende enzymatisk aktivitet, som formodentlig er involveret i disse signaleringsprocesser. Effekten af de enkelte gener og varianter af disse samt deres regulering vil ligeledes blive undersøgt og den opnåede viden anvendt til at øge plantens respons på stress.
- Adskillige gener, der kontrollerer blomstring i sorghum, er kendte, og deres funktion i relation til stresstolerance vil ligeledes blive undersøgt

Strategi til at forbedre kvaliteten

Da kvaliteten af de høstede sorghumkerner er vigtig i forhold til det endelige udbytte og anvendelsen til øl, fødevarer og foder, vil projektet også have fokus på øget tilgængelighed af næringsstofferne i kernen samt sammensætningen af denne. Særligt fokuseres på syntesen af lagerproteiner og cellevæggene i sorghumkernen.

Dette sammenholdes med lignende studier i andre cerealer som majs, hvede, ris og byg. De opnåede resultater bruges til at udvikle ideer til screeningen efter nye genetiske varianter. Ligeledes studeres dannelsen og aktiviteten af de enzymer, som er vigtige for nedbrydningen af cellevægge, stivelse og protein under spiringen, samt de



FOTO: SOPHIA TULLOCH

Sorghum har mindre brug for vand til vækst og kerneproduktion end andre kornsorter. Eksempelvis kræver sorghum kun 141 liter vand, hvorimod majs kræver 170 liter og hvede 241 liter vand til produktion af et kg plantemateriale.

enzymkomplekser, der er involveret i dannelsen af de cyanogene glykosider under spiringen af kernerne.

Denne viden vil være særdeles vigtig for udarbejdelse af en strategi til at forbedre fødevarer- og maltkvaliteten i sorghum. Endelig vil projektet drage nytte af årtiers organoleptiske studier af øl på Carlsberg Laboratoriet til at øge forståelsen og identifikationen af de smagskomponenter, der karakteriserer 'sorghumsmagen' i øl produceret på sorghummalt.

Hver eneste kalorie er vigtig

Selv om sorghum ikke dyrkes i Danmark, er det vigtigt at støtte udviklingen af forbedrede sorghumsorter, primært til områder, der rammes relativt hårdt af klimaforandringerne. I disse områder sker dyrkningen af afgrøder allerede med lav input af hjælpepestoffer og ofte på udpinte jorde. Det er vigtigt at understøtte produktionen af lokale råvarer, særligt i områder, hvor infrastrukturen og dermed varetransport kan være vanskelig. Fastholdelse af landbrugsproduktion på marginaljorder i områder med jævnlig tørke

vil hjælpe lokalbefolkningen og reducere klimaaftrykket sammenlignet med brug af fødevarer, der skal transporteres over store afstande.

Endelig er hver eneste produceret kalorie vigtig i dag for verdens befolkning, da efterspørgslen på fødevarer vil stige i de kommende år.

Kilder:

1. Food Security Department (1999): Sorghum: Post-harvest Operations. In INPhO-Post-Harvest Compendium; Mejia, D. & Lewis, B., Eds.; Natural Resources Institution, University of Greenwich: London, UK. Online: <http://www.fao.org/3/a-ax443e.pdf> (accessed on 15 March 2021).
2. FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>
3. Tack, J. et al (2017): Disaggregating sorghum yield reductions under warming scenarios exposes narrow genetic diversity in US breeding programs PNAS 114.
4. Mundia, C.W. et al (2019): A Regional Comparison of Factors Affecting Global Sorghum Production: The Case of North America, Asia and Africa's Sahel. Sustainability 11 2135.
5. Tigchelaara, M. et al (2018): Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks. PNAS 115.
6. Selle, P.H. et al (2018): Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production, Animal Nutrition 4, 17e30
7. Taylor, J. et al (2007): Preferential binding of sorghum tannins with gamma-kafrin and the influence of tannin binding on kafrin digestibility and biodegradation, J. Cereal Sci., 46.
8. Beta, T. et al (2000): Effect of chemical conditioning on the milling of high-tannin sorghum. J. Sci. Food Agric. 80.
9. Taylor, J. et al (2013): 125th Anniversary Review: The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing. J. Inst. Brew. 119.
10. Møller (2010): Functional diversifications of cyanogenic glucosides, Curr. Opin. Plant Biol. 13.
11. Chen et al. (2018): N-hydroxy-pipecolic acid is a mobile metabolite that induces systemic disease resistance in Arabidopsis. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 115.

Cand.agro., ph.d. Birgitte Skadhauge og cand.agro. Søren Knudsen er ansat ved Carlsberg Laboratorium. Dr.scient. Birger Lindberg Møller er ansat ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU.



FOTO: TEKNOLOGISK INSTITUT

Algerne producerer store mængder kvalitetsprotein. Og de gør det hurtigt og effektivt på et lille areal med udnyttelse af CO₂ og energi fra solen. Her er forfatteren i laboratoriet med hænderne fulde af mikroalger.

MIKROALGER

– morgendagens superafgrøde

Soja er en af de bedste kilder til foderprotein, vi kender. Den har en god aminosyresammensætning, og den er billig. Men måske kan mikroalger udfordre sojan

Som bekendt kigger verden ind i en eksplosiv befolkningstilvækst. FN forudser en stigning på 30 pct. i befolkningstilvæksten i løbet af de næste 30 år, og forventningen er, at verdens samlede befolkningstal vil runde 11 mia. inden år 2100. Det medfører i sagens natur en række udfordringer, ikke mindst på fødevarerområdet.

Hvis de mange munde skal mættes, er det afgørende at finde nye, stabile proteinkilder – givetvis både som foder til dyr og som føde til mennesker. Det er dog ikke uproblematisk. En af de knappest ressourcer – i en fremtidig verden præget af de klimaforandringer, vi ser begyndelsen på i disse år – vil være dyrkbar jord.

Derfor er der behov for en robust proteinafgrøde med høj vækstrate, lang vækstsæson ved en lang række forskellige breddegrader, god aminosyreprofil og højt proteinindhold i forhold til tørstof, som i øvrigt ikke optager alt >

for meget dyrkbar jord. Utrolig nok opfylder mikroalger alle disse kriterier og er derfor en af de mest spændende kandidater som fremtidens proteinafgrøde.

Mikroalgers fortræffeligheder

Som tidligere beskrevet i disse spalter fylder den danske sojaimport enormt meget på mange parametre. Den udgør en betydelig del af det danske klimaaftryk, idet soja primært importeres fra Sydamerika og desuden er forbundet med intens skovrydning og anvendelse af problematiske kemikalier.

Der er derfor stort fokus på at nedbringe importen af soja, ikke bare i en dansk kontekst, men også i resten af Europa. Desværre er soja

en af de bedste kilder til foderprotein, vi kender. Den har en god aminosyresammensætning, og den er billig. Men måske kan mikroalger udfordre sojaen.

Mikroalger er landplanternes forfædre og er ligeledes i stand til at udnytte solens energi til at fiksere uorganisk kulstof til organiske energirige molekyler, såsom kulhydrater, fedtsyrer og aminosyrer, men også andre højværdistoffer som carotenoider og vitaminer.

Til forskel fra landplanterne har mikroalger dog en mere simpel opbygning og livscyklus og kræver derfor ikke lange perioder med modning. Under optimale betingelser vokser mikroalger desuden eksponentielt, og fordoblingstider på 24 timer er ikke unormalt.

Det er endvidere en stor gruppe af organismer, der generelt udviser stor tilpasningsgrad med hensyn til temperatur, salinitet, lysforhold og næringskrav. Det er derfor muligt at selekere lokale stammer, som er tilpasset optimal vækst under de klimaforhold, der hersker på det givne sted. Det er netop essensen i ReMAPP-projektet (et Grand Solution projekt støttet af Innovationsfonden, se boks), der tager udgangspunkt i en lokal mikroalge, der dyrkes i udendørs rørsystemer med udnyttelse af biogasindustriens sidestrømme.

Algen har et proteinindhold på 50-55 pct. af tørstof-fet og en arealudnyttelse, der er ca. femten gange højere end for sojaprotein dyrket i Sydamerika.

Alger kræver ikke dyrkbar jord

Der er en række andre fordele ved mikroalger. For det første kræver de ikke dyrkbar jord og har i det hele taget et meget lavt arealkrav sammenlignet med animalsk

ReMAPP

ReMAPP-projektet (2018-2022) er støttet af Innovationsfonden og Plan Danmark og består af partnerne: Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning IGN, HAMLET PROTEIN A/S, Nature Energy Månsson, Tailorzyme ApS, SANI Membranes samt Teknologisk Institut, Center for Planteteknologi.



En tilberedt algebøf, der smager godt, dyrket på mask fra ølbrygning. Verden har behov for en robust proteinafgrøde med høj vækstrate, lang vækstsæson, god aminosyreprofil og højt proteinindhold i forhold til tørstof – og som i øvrigt ikke optager alt for meget dyrkbar jord. Utrolig nok opfylder mikroalger alle disse kriterier.

FOTO: TEKNOLOGISK INSTITUT



FOTO: MALENE FOG LIHME OLSEN

protein. Det fordrer fx ca. 1-2,5 m² at producere ét kg algeprotein, mens det kræver 47-64 m² at producere ét kg svineprotein og ufattelige 144-258 m² for ét kg okseprotein (1).

Derudover er det muligt at dyrke algerne i sammenhæng med mange forskellige industrielle sidestrømme – det være sig næringsstoffer, CO₂ og overskudsvarme fra eksempelvis biogasindustrien. Andre industrier har også vist sig at kunne bidrage med næringsholdige sidestrømme til algedyrkning. Mask fra ølbrygning og græsjuice er bare et par yderligere eksempler udover den afgassede gylle fra biogasanlæg. Der er altså rig mulighed for en cirkulær bioøkonomi, hvor affaldsstoffer fra én produktion kan fungere som ressource for en anden og vice versa.

Dertil kommer et muligt udnyttede potentiale i form af andre højværdistoffer, der muligvis kan udvindes fra algebiomassen. Hidtil har der været fokuseret meget på protein og lipider, men forskellige sekundære metabolitter kan sagtens vise sig interessante i fremtiden.

Protein er ikke bare protein

En anden fordel ved mikroalgerne er

Algen analyseres i laboratoriet. En væsentlig udfordring er mikroalgernes robuste cellevæg, og hverken mennesker eller dyr besidder nødvendigvis de enzymer, der skal til for at nedbryde den. Der er tre forskellige veje til nedbrydning af komplekse cellevægge: Mekanisk påvirkning, kemisk nedbrydning og enzymatisk nedbrydning. Der gennemføres intens forskning på området, og alle tre veje har interessante perspektiver.

deres aminosyresammensætning. Protein er ikke bare protein. Det er velkendt, at animalsk protein har højere biologisk værdi end vegetabilsk som menneskeføde, idet fordelingen af særligt de essentielle aminosyrer passer bedre til menneskers behov. Det samme gør sig gældende for foderprotein.

Særligt fjerkræ har brug for forholdsvis meget af den svovlholdige aminosyre methionin til deres fjerdragt. Det er ofte en begrænsende faktor i andre kandidater til foderprotein. Men ReMAPP-algen indeholder relativt store mængder af netop denne aminosyre sammen med andre essentielle aminosyrer.

Tre udfordringer: dyrkning, høst og tilgængelighed

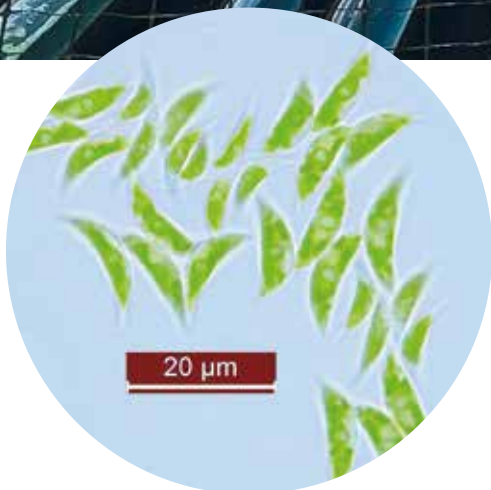
Det lyder jo næsten for godt til at være sandt, men der er selvfølgelig også udfordringer forbundet med produktion af mikroalgeprotein.

For det første er der selve dyrkningen. Generelt er der to tilgange til dyrkning af mikroalger: åbne kar kaldet 'ponds' eller såkaldte fotobioreaktorer, der er lukkede rør eller paneler, hvori mikroalgerne vokser i deres medie – beskyttet fra ydre påvirkninger. Der er fordele og ulemper ved begge tilgange. I de åbne kar er man i sagens natur sårbar overfor forurening og udefrakommende begivenheder, så det er sværere at kontrollere vækstparametrene, og som følge heraf er produktiviteten lavere. ➤



Forsøgsmarken i Tåstrup. Det er muligt at selektere lokale stammer af mikroalger, som er tilpasset optimal vækst under de klimaforhold, der hersker på det givne sted. Det er netop essensen i ReMAPP-projektet, der tager udgangspunkt i en lokal mikroalge, der dyrkes i udendørs rørsystemer med udnyttelse af biogasindustriens sidestrømme.

FOTO: MALENE FOG LIHME OLSEN



ReMAPP-algen 1.000 gange forstørret. Under optimale betingelser vokser mikroalger eksponentielt, og fordoblingstider på 24 timer er ikke unormalt.

Til gengæld er de billige og nemme at sætte op.

I de lukkede rør kan algerne nemt beskyttes, men ofte opbygges biofilm på indersiden af rørene, således at lyset har sværere ved at trænge igennem til algerne. I ReMAPP benyttes lange rørformede plastposer som bioreaktor. Det er et billigt og nemt alternativ, men der er udfordringer med lækkende poser og spidse fuglenæb. Det er med andre ord ikke et uoverstigeligt teknologisk problem.

For det andet er der høsten. Man

kan ikke bare køre en mejetærsker hen over algemarken. Det er store mængder vand, der skal håndteres, når man skal have fat i algebiomassen. Valget står mellem filtrering og centrifugering, og den bedste løsning på nuværende tidspunkt viser sig at være en kombination af de to teknologier.

Til gengæld er der meget, der tyder på, at vandet med fordel kan genanvendes. Efter endt recirkulation kan vandingsvandet – som forventes at indeholde nogle værdifulde biostimulanter udskilt fra mikroalgerne – anvendes til at fremme planteproduktion.

En tredje væsentlig udfordring er mikroalgernes robuste cellevæg. For at dyr og/eller mennesker kan få glæde af proteinet, skal det jo være biologisk tilgængeligt. Hverken mennesker eller dyr besidder nødvendigvis de enzymer, der skal til for at nedbryde algerne cellevæg. Det er dog ikke et ukendt fænomen, at mikroalgers cellevæg er særlig genstridig. Der er bedrevet meget forskning i forbindelse med mikroalgernes andet store potentiale: biodieselproduktion.

I bund og grund er der tre forskellige veje til nedbrydning af komplekse cellevægge. Mekanisk påvirkning, kemisk nedbrydning og enzymatisk nedbrydning. Der gennemføres intens forskning på området, og alle tre veje har interessante perspektiver.

To udfordringer mere: fordøjelighed og rentabilitet

En fjerde, og relateret, udfordring er fordøjeligheden og anvendeligheden af algeproteinet som foder eller fødevarer. Det skal jo helst være noget, dyr og mennesker overhovedet vil spise. Smag og tekstur er vigtige para-



Algen har et proteinindhold på 50 - 55 pct. af tørstoffet og en arealudnyttelse, der er ca. femten gange højere end for sojaprotein dyrket i Sydamerika



FOTO: TEKNOLOGISK INSTITUT

Den svovlholdige aminosyre methionin er ofte en begrænsende faktor i andre kandidater til foderprotein. Men ReMAPP-algen indeholder relativt store mængder af netop denne aminosyre sammen med andre essentielle aminosyrer.

metre i den forbindelse, og derfor er det også et område, der kigges intenst på.

Ekstrudering af algeprotein blandet med ærteprotein ser særligt lovende ud, men vi mangler stadig at gennemføre fodringsforsøg i større skala, ligesom godkendelser og sikkerhedsevalueringer af de konkrete algearter venter i fremtiden. Nogle mikroalgearter er dog allerede godkendt som fødevarer, så det er formentlig bare et spørgsmål om tid.

Den femte og ikke uvæsentlige udfordring er rentabiliteten. Som det ser ud nu, har vi solidt 'proof of concept' i pilotskala. De næste par år skal projektet skaleres op, og de ovennævnte problemer skal adresseres. Uden at omkostningerne løber løbsk.

Idéen arbejder med biologien

Det er dog vigtigt at understrege, at det alle er problemer af teknologisk karakter. Den altoverskyggende konklusion er, at idéen arbejder med biologien. Algerne gør det, de gør: nemlig at producere store mængder kvalitetsprotein. Og de gør det hurtigt og effektivt på et lille areal med udnyttelse af CO₂ og energi fra solen.

Vi skal sådan set bare sørge for at give dem de bedste rammer for at gøre det. Så kan vi bidrage til at løse en del af de problemer, verden står overfor de kommende årtier. Den klare forventning er, at de teknologiske løsninger vil følge og dermed også rentabiliteten.

Kilde:

1. de Vries, M, de Boer, IJM (2010): Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Livest Sci. 2010 Mar;128(1-3).

*Cand.scient. Malene Fog Lihme Olsen
er seniorspecialist ved
AgroTech, Teknologisk Institut.*

LUPIN – en overset proteinkilde

Hvorfor dyrker vi ikke selv proteinholdige afgrøder herhjemme? Her kommer lupin ind som en oplagt alternativ proteinkilde blandt andre lovende bud på afgrøder i et fremtidigt bæredygtigt jordbrug



'NovoCrops' er et nyt center for accelereret forædling af vilde planter. Det blev oprettet i 2020 med en bevilling fra Novo Nordisk Fonden på 60 mio. kr. Visionen er, at centeret kan være med til at opfylde drømmen om et mere bæredygtigt jordbrug.

Novocrops' udgangspunkt er planter, der gennem millioner af års udvælgelse fra naturens hånd allerede er udrustet med de gode egenskaber, som vi efterstræber, og som derfor ikke behøver at blive tilført noget nyt.

Vi har seks plantearter, som vi i centeret prøver på at forædle, så de kan blive til klimarobuste og højtydende afgrøder. Det drejer sig om vild byg, vild kartoffel, lucerne, quinoa, det vilde flerårige hvedegræs samt lupin. Det er en kæmpe udfordring, men hvis blot én enkelt af disse seks planter ender med at blive forædlet, vil det i vores øjne være en stor succes for projektet. Men i det følgende vil vi fokusere på bælgplanten lupin.

Lupin er den oplagte afgrøde...

I en kontekst om proteinholdige afgrøder er det oplagt at komme ind på lupin. Det er en plante, man tit ser vokse ved jernbaneskråninger, og som trives godt i Danmark. Lupinen er en bælgplante, der ikke skal gødes med kvælstof, og som optager fosfat særdeles effektivt. Den producerer meget proteinholdige frø og er beslægtet med sojabønner.

Sojabønner importerer vi i enorme mængder fra Sydamerika, hvor de er årsag til rydning af chacoskoven i Argentina og regnskoven i Brasilien for at få plads til dyrkning. >

Lupinen er en bælgplante, der ikke skal gødes med kvælstof, og som optager fosfat særdeles effektivt. Den producerer meget proteinholdige frø og er beslægtet med sojabønner. Så hvorfor dyrker vi ikke selv proteinholdige afgrøder herhjemme, som vores husdyr eller vi selv kan spise?



Vilde lupiner med modne frø dyrket af NovoCrops' samarbejdspartnere fra Carlsbergs Forskningslaboratorium. Enorme mængder af høstede frø er nu ved at blive undersøgt for deres genetiske variation.

FOTO: TONI WENDT

De sojabønner, vi importerer, er allerede tømt for sojaolie, og tilbage er den proteinholdige sojaskrå, som vi fodrer grise med for at få kød på bordet. De sydamerikanske sojabønner er transgent modificerede til at blive herbicidresistente og dyrkes i enorme monokulturer med store miljømæssige konsekvenser. Man kunne spørge sig selv, hvorfor dyrker vi ikke selv proteinholdige afgrøder herhjemme, som vores husdyr eller vi selv kan spise? Der kommer lupin ind som en oplagt alternativ proteinkilde.

... men den er giftig

Desværre er lupinens frø meget giftige. Faktisk er hele planten giftig. Det er en del af dens naturlige beskyttelse mod dyr, som vil forgribe sig på den. Lupinen vil jo ikke spises, og den vil have sine frø i jorden. Der er faktisk meget få planter i naturen, der ikke er giftige på den ene eller den anden måde.

Det er de nødt til, fordi de er rodfæstede, og hverken kan flygte eller bide fra sig, hvis en fare nærmer sig. Med sine næringsholdige, proteinrige frø – og fordi den ikke

andet kravt, som truer den. Derfor er landmanden nødsaget til at sprøjte med alskens andre gifte for at holde skadedyrene væk – og så er dyrkingen pludselig ikke så bæredygtig, som det var tiltænkt.

Vi jagter transportproteiner

I vores lupinprojekt har vi udvalgt de sorter af lupin, som fra naturens hånd er allermost giftige, og derfor er allerbedst beskyttede. Vi ved desuden fra tidligere forskning, at giften ikke dannes i frøet selv, men andre steder i planten. Bagefter bliver giften transporteret ind i frøet. Det betyder, at planten må bruge såkaldte transportproteiner til at flytte de giftige stoffer ind i frøene. Vores lupinprojekt går i al enkelthed ud på at finde disse proteiner og så fjerne dem.

Hvis vi lykkes med det, vil det være et stort fremskridt imod en mere bæredygtig proteinkilde. Lupinplanten vil vokse op som en giftig spire og udvikle giftige rødder, stængel og blade, således at den er godt beskyttet mod skadedyr og ikke behøver at blive sprøjtet. Når den blomstrer, vil den stadig være giftig. Når den er blevet bestøvet, og frøene begynder at udvikle sig, er det kun frøene, der er akilleshælen i dens forsvar. Så må vi jo håbe, at der ikke kommer nogle biller på det tidspunkt og spiser dem.

Projektet er i fuld gang på alle fronter. Først og fremmest arbejder vi hårdt på at finde de transportproteiner, der flytter giften til frøene. Det er som at lede efter en nål i en høstak, da lupinplanten har ca.

Planten må bruge transportproteiner til at flytte de giftige stoffer ind i frøene. Vores lupinprojekt går ud på at finde disse proteiner og så fjerne dem

skal gødes med kvælstof – er lupinen et oplagt bud på en plante, der kan danne grundlag for et mere bæredygtigt jordbrug herhjemme. Den vigtigste hurdle er blot, at den fra naturens side er beskyttet mod at blive spist.

Hvordan kan vi gøre lupinen spiselig? Landmænd har allerede fundet sorter af lupin, som har defekter i deres evne til at producere gift og derfor akkumulerer mindre af den. Det er jo i princippet strålende, men det har som konsekvens, at hele planten er forsvarsløs, og nu, så at sige, er blevet til grøn salat for biller, larver, snegle og

30.000 gener, der hver for sig koder for et protein. Baseret på hvilke af disse, der kunne kode for et transportprotein, og hvilke der synes at fungere i frøene, har vi nu snævret feltet ind til mindre end 200 kandidatgener. Kandidaterne tester vi nu individuelt i laboratoriet for deres evne til at flytte giftstoffet ind og ud af celler.

Samtidig arbejder vi med at udvikle metoder til at neutralisere de gener, vi finder som koder for disse transportproteiner i vilde lupiner. Som bekendt er dna'et i alle organismers arvemasse organiseret i dobbeltspiraler af to lange kæder af fire forskellige baser, og det er rækkefølgen af dem, der bestemmer, hvornår et gen begynder, hvad det koder for, og hvornår det slutter. Fjernes eller ændres blot en enkelt base i et gen, er der opstået en mutation, og i værste fald (for planten) kan det ødelægge genets funktion. Det er i dette tilfælde netop det, vi ønsker.

Men hvordan rammer vi plet i netop det eller de gener, der er ansvarlige for, at giften transporteres ind i lupinens frø?

Problemet: CRISPR klassificeres som gmo

Der er i løbet af de seneste år udviklet meget præcise metoder til at mutere udvalgte baser i en organismes arvemasse. Det er det, der kaldes genomeditering eller præcisionsforædling. En af disse metoder er den såkaldte 'CRISPR/Cas9' eller bare 'gensaksen', som udløste en Nobelpris sidste år til de to videnskabskvinder, der fik den til at virke: Emmanuelle Charpentier og Jennifer Doudna.

Men selv om der er meget hype omkring gensaksen, og den fremstilles som et mirakel, er det ikke alle planter, der er lige tilgængelige for den. Det er endnu ikke lykkedes for nogen at mutere lupin på den måde.

Desuden er der et andet problem med metoden, som begrænser dens anvendelse herhjemme – i hvert fald indtil videre. Problemet er, at EU-domstolen i 2017 besluttede, at planter, der er udviklet med CRISPR/Cas9 teknologi, skal klassificeres som gmo'er og derfor skal igennem en streng og ekstremt kostbar godkendelsesprocedure.

Løsningen: Carlsbergs screeningsteknologi?

Det flasker sig imidlertid så heldigt, at Carlsberg Forskningslaboratorium for nylig udviklede en ekstremt følsom teknologi, der gør det muligt at screene enorme populationer af planter for forekomsten af helt specifikke mutationer – altså helt uden brug af gensaksen.

I princippet tages der en dna-prøve fra hver enkelt plante på en stor mark, og blandt de mange millioner baser zoomes der efterfølgende ind på en enkelt udvalgt base, som man på forhånd har bestemt sig for at gå efter. Man kan nu se, om den er blevet ændret, som man ønsker det.

Hvis det skulle gøres i hånden, ville det tage tusinder af år for en enkelt laborant at gå igennem hele populationen, men Carlsberg har allerede vist, at de med deres avancerede og automatiserede screeningsteknologi med stor succes på mindre end et år kan identificere ønskede mutationer, der allerede er opstået i en stor bypopulation.

Deltagerne i NovoCrops er:

Henrik Brinch-Pedersen
(Aarhus Universitet, ansvarlig for bygforædling)

Kim Hebelstrup
(Aarhus Universitet, ansvarlig for kartoffelforædling)

Caixia Gao
(Chinese Academy of Sciences, ansvarlig for metodeudvikling)

Rosa Lopez-Marques
(Københavns Universitet, ansvarlig for quinoaforædling)

Stephan Wenkel
(Københavns Universitet, ansvarlig for lucerneforædling)

Hussam Hassan Nur-Eldin
(Københavns Universitet, ansvarlig for genidentifikation)

Fernando Geu-Flores
(Københavns Universitet, ansvarlig for lupinforædling)

Michael Broberg Palmgren
(Københavns Universitet, ansvarlig for hvedegræsforædling).

Ønsket om et bæredygtigt jordbrug

I samarbejde med Carlsberg dyrker vi lupinplanter på en stor mark på Fyn, og enorme mængder af høstede frø er nu ved at blive undersøgt for deres genetiske variation. Vi er meget optimistiske med hensyn til at finde den mutation eller de mutationer, vi gerne vil finde.

Optimistisk bliver man nødt til at være som plantebiologisk forsker. Og det, der driver os, er udsigten til at kunne bidrage med en ny proteinrig afgrøde til et mere bæredygtigt jordbrug i fremtiden.

Dr.scient. og professor Michael Broberg Palmgren er centerleder, og lektorerne Fernando Geu-Flores og Hussam Hassan Nur-Eldin er alle ansat ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab, KU.

FRA METAN TIL PROTEIN

En ny produktionsteknologi er født

Unibio er en dansk biotekvirksomhed, der har udviklet en innovativ produktionsteknologi til fremstilling af bæredygtigt, økologisk og højkoncentreret protein med metan som den eneste fødekilde

Unibio har i samarbejde med DTU Kemiteknik og med bistand fra Energistyrelsen udviklet en unik fermenteringsteknologi. Med teknologien kan Unibio producere protein ved gæring af en mikrobiel kultur, som bruger metan som fødekilde.

også anvendes til andre fermenteringsprocesser, hvor gasser skal miksес med vand.

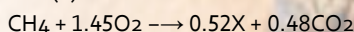
Proteinet fremstilles ved kontinuerlig fermentering i en fermenter formet som et U med en toptank udstyret med statiske miksere og en pumpe til at drive væskestrømmen. Produktionsprocessen er aerobisk med metangas som kulstof- og energikilde for en mikrobiel kultur.

Rent oxygen bruges til iltning i fermenteringsprocessen, og ammoniak anvendes som nitrogenkilde.

Ud over bakteriekulturen og substrater bruger Unibio vand og fosfat samt en række mineraler i fermenteringsprocessen. Natriumhydroxid og svovlsyre bruges til regulering af pH-værdien. Fosfat

tilføres som fosforsyre og mineralerne som sulfater, klorider eller nitrater. PH-værdien reguleres til $6,5 \pm 0,3$, og temperaturen holdes på $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Brugen af metangas til fremstilling af biomasse er gavnlig for miljøet, da det eneste biprodukt af produktionen er vand. Ydermere er proteinet økologisk og indeholder hverken toksiner, dioxiner eller tungmetaller.

Biomasse (X) produceres ifølge den støkiometriske formel (1):



Unibio anvender den methanotrophe bakterie *Methylococcus capsulatus*, som alene anvender C1 som kulstofkilde.


Naturgas indeholder også alkaner som ethan, propan og butan. Den mikrobielle kultur omdanner disse til syrer, der er toksiske og derfor tilsættes en blandet bakteriekultur, som fjerner disse syrer. Det er vigtigt at have en høj produktivitet for at være konkurrencedygtig, og derfor stilles der krav om høj opløselighed af metanen

Virksomheden har potentiale til at ændre måden, vi i fremtiden producerer proteiner på

Unibios fermenteringsteknologi kopier en naturlig proces, der forekommer hver dag i bunden af søer. Her har samfund af mikrober lært at leve af metan, der fx kommer fra forrådnede plantematerialer og fiskerester. Unibio har overført denne naturlige proces til et kommercielt gæringsssystem, som Unibio har kaldt en U-Loop® fermenter.

Patenteret og miljøvenlig teknologi

Unibio er førende inden for sit område og har udviklet og ejer rettighederne til U-Loop® teknologien, som omdanner metan fra enhver kilde til et bæredygtigt proteinprodukt. I princippet kan U-Loop® fermenter



Unibios protein er et mikrobielt proteinmel med ca. 70 pct. protein, der i første omgang er målrettet mod markeder for dyrefoder.

og ilt i væsken, hvilket U-Loop® teknologien sørger for.

Da metan og ilt er svagt opløseligt i væske, har Unibio fokuseret på at udvikle U-Loop® teknologien til at overføre større mængder gas til væske.

Fremtidens bæredygtige protein

Unibios protein, 'Uniprotein® produkt', er en bæredygtig foderings ingrediens, der i første omgang er målrettet mod markeder for dyrefoder. Uniprotein® produktet er et mikrobielt proteinmel (ca. 70 pct. protein) godkendt som et fodermateriale ved EU-kommissionens forordning 2017/1017 af 15. juni 2017 om katalog over fodermaterialer og kan bruges som et direkte supplement til alle dyrefoderapplikationer.

Uniprotein® produktet kan erstatte høj kvalitetsfiskemel og sojabønneaflede produkter, som begge er knappe ressourcer, og hvis fællesnævner er, at produktionen af både fiskemel og sojabønner har store miljømæssige konsekvenser.

Voksende behov for proteiner

Det årlige markedsvolumen for dyre- og kæledyrsfoder er ca. 1.000 millioner ton og vokser hvert år drevet af den stigende verdensbefolkning og den stigende efterspørgsel efter kødprodukter i udviklingslandene. Markedsværdien overstiger 500 mia. USD, og det forventes at vokse markant i de kommende år.

Udnyttelse af metan fra olieproduktion, husholdningsaffald eller andre bioaffaldskilder til fodring af fermenteringsprocessen er en bæredygtig løsning, der ikke tidligere er introduceret i foderindustrien, og Unibio sidder i dag som en form for bindeled mellem energisektoren og foder- og fødevarerindustrien, da man grundlæggende omdanner et energiprodukt til et landbrugsprodukt.

Netop denne position var en med- >



Unibio anvender den methanotrophe bakterie *Methylococcus capsulatus*. Ud over bakteriekulturen og substrater bruges vand og fosfat samt en række mineraler i fermenteringsprocessen.

virkende faktor til, at fx Mitsubishi Corporation investerede i Unibio og gerne ville udvikle et partnerskab. Mitsubishi er netop stor inden for både energibranchen og akvakulturindustrien.

Verdensmål er en del af vores DNA

Unibio støtter FN's Sustainable Development Goals (SDG), og virksomheden har potentiale til at ændre måden, vi i fremtiden producerer proteiner på. For Uni-

bio repræsenterer SDG'erne en mulighed for at vise verden, hvor bæredygtig virksomheden er, samtidig med vi tilpasser virksomhedens prioriteringer med de mål, der kan støtte den globale udvikling. Unibios teknologi og produkt passer på mange af verdensmålene, men fokus er på fire SDG'er:

Figur 1. Unibios teknologi reducerer brugen af vand, fordi produktionen af 1 kg Uniprotein® produktet kun kræver 10 liter vand sammenlignet med produktionen af 1 kg protein fra sojamel, som kræver cirka 6.000 liter vand.





Ekstrem sult og underernæring er fortsat en enorm barriere for mange lande. Tallene for 2019 viser, at 690 millioner mennesker (2) lider af underernæring, og antallet ser ud til at stige i fremtiden i næsten alle regioner i Afrika og Sydamerika.

I Unibio fremmer vi bæredygtigt landbrug og tilstrækkelig fødevarerforsyning. Unibios teknologi gør det muligt at fremstille protein til dyrefoder og i fremtiden også til menneskeligt konsum. Produktionen sker fra et råmateriale, der er rigeligt af – metan og uden brug af landbrugsjord. Unibio kan producere Uniprotein® produktet i store mængder og dermed tilbyde et unikt alternativ til eksisterende proteinkilder uden yderligere stress af økosystemerne. Ved at tilvejebringe et nyt og bæredygtigt foderproduktionssystem, opstår bæredygtige landbrugsmuligheder for lande, der ikke havde denne mulighed før.



SDG 12 er det vigtigste og mest ambitiøse mål, fordi det bidrager til og har den største indflydelse på de andre SDG'er. SDG 12 er det hjul, der får de andre hjul til at køre. Det har stor indflydelse på et lands økonomi, produktion og forbrug, som er

medvirkende faktorer til at skabe velfærd og job. Det er derfor absolut nødvendigt, at vi reducerer vores fodaftryk ved at ændre måden, vi producerer og forbruger varer samt ressourcer på.

Landbruget er verdens største konsument af vand og forbruger næsten 70 pct. af alt anvendt ferskvand. Unibios teknologi reducerer brugen af vand, fordi produktionen af 1 kg Uniprotein® produkt kun kræver 10 liter vand sammenlignet med produktionen af 1 kg protein fra sojamel, som kræver cirka 6.000 liter vand. Det meste af vandet i U-Loop® fermenteren kan desuden genanvendes, hvilket reducerer forbruget yderligere (se figur 1) (3).



Verdens have driver globale økosystemer, der gør jorden beboelig for mennesker. Vores regnvand, drikkevand, vejr, klima, kystlinjer og meget af vores mad og endda ilten i luften, vi indånder, leveres og reguleres i sidste ende af havet.

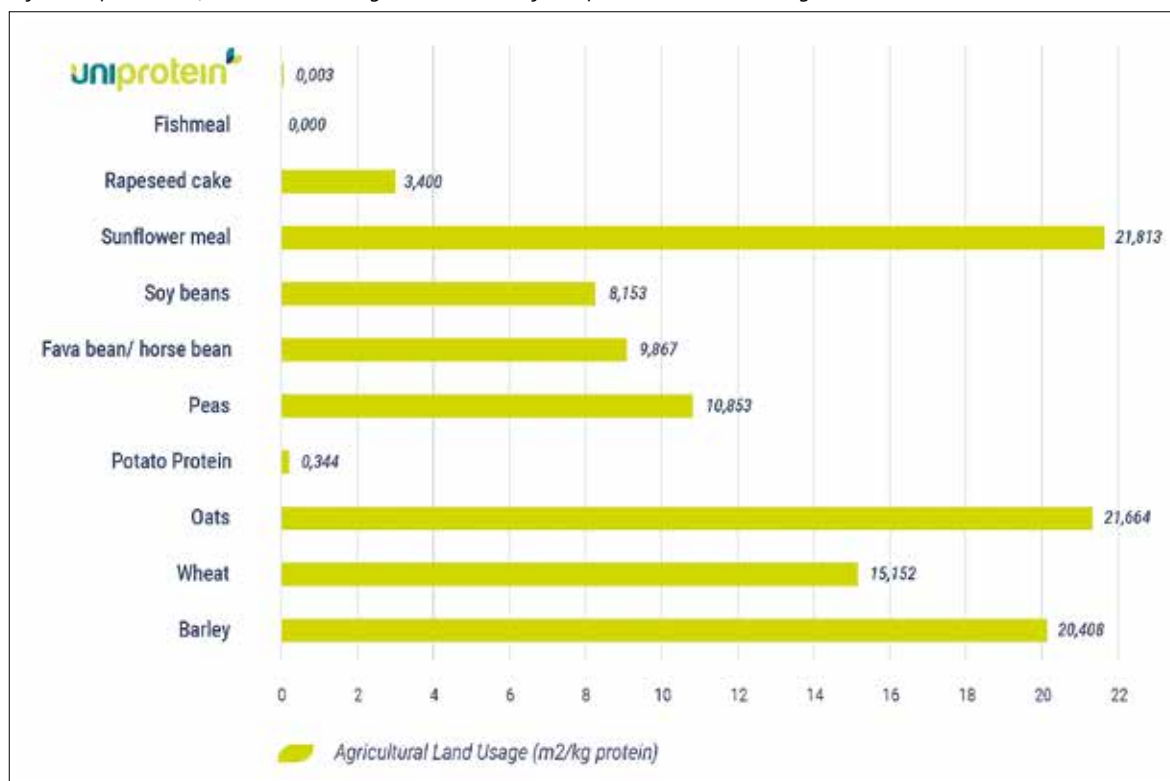
Den voksende rovdrift af kommercielt fangede fisk lægger stort pres på havets økosystemer.

Unibio ønsker at bidrage til en produktion af proteiner, der ikke stresser fiskeriet yderligere. Overfiskeri påvirker og beskadiger den genetiske mangfoldighed i vid udstrækning og efterlader arter, der allerede er i fare, endnu mere sårbare. Unibio kan levere et proteinprodukt, hvis aminosyresammensætning er sammenlignelig med fiskemel, uden at fiskebestande overudnyttes, indvindes eller udtømmes. Uniprotein® produktet kan lige så godt befri havene fra forurening pga. en ikke gødningsbaseret produktion. Der kræves 1 ton vildtfanget fisk til at producere ca. 300-400 kg fiskemel (3). >

Prøver til laboratorieanalyse fra procesudvikling på Unibios demonstrationssite.



Figur 2. For at fremstille 1.000 ton Uniprotein® om året skal der bruges ca. 3.000 m² industrijord sammenlignet med sojabønneproduktion, hvor man skal bruge ca. 851.300 m² for at producere samme mængde.



Uniprotein® produktet er næsten identisk med fiskemel mht. proteinindhold og essentiel aminosyreprofil, og det har derfor potentialet til at eliminere presset på havets økosystemer.



Mennesker er afhængige af jorden i lige så høj grad som havet for vores næring og levebrød. Plantelivet leverer 80 pct. af den menneskelige diæt, og vi er afhængige af landbrug som en vigtig økonomisk ressource.

På nuværende tidspunkt går 13 millioner ha skov tabt hvert år med den vedvarende nedbrydning af tørømråder, som har ført til ørkendannelse på 3,6 milliarder ha. Selv om op til 15 pct. af skovene i øjeblikket er under beskyttelse, er biodiversiteten stadig i fare. Skovrydning og ørkendannelse forårsaget af menneskelige aktiviteter samt klimaforandringerne udgør store udfordringer for en bæredygtig udvikling og har påvirket liv og levebrød for millioner af mennesker i kampen mod fattigdom.

For at fremstille 1.000 ton Uniprotein® om året skal der bruges ca. 3.000 m² industrijord, hvor man i sojabønneproduktion skal bruge ca. 851.300 m² for at producere samme mængde (3). Derfor har Uniprotein® produktet potentiale til at reducere skovrydningen forårsaget af den aktuelle produktion og efterspørgsel af sojamel (se figur 2).

Projekter og fremtiden

Unibio deltager i mange forskelligartede udviklingspro-

jekter, der medfinansieres af både EU-kommissionen under Horizon 2020 fx ValueWaste og den danske stat under miljøstyrelsen med projektet i GUDP-regi, og som inkluderer samarbejde med førende private aktører inden for dyrefoder og offentlige forskningsinstitutioner.

Meget få virksomheder arbejder inden for dette felt, der inkluderer kombinationen af gas-til-væske-fermentering og kulstofspisende bakterier, og Unibio befinder sig i en nøgleposition til at blive en af de største aktører.

Kilder:

1. Villadsen, J., J. Nielsen, and G. Lidén (2011): Bioreaction Engineering Principles, 3. edition. Springer US.
2. www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/2_Why-It-Matters-2020.pdf.
3. Christine Dasanayake: Carbon footprint of land free protein production - The case of bacterial protein meal (endnu ikke publiceret).

Gitte Joo Madsen er communication and marketing coordinator for International virksomhedskommunikation, Unibio.

JATEMA

19. årgang nr. 2, maj 2021

Udgiver: JA

Redaktion: Mikael B. Hansen
(temaredektør), JA
Malene Breusch Hansen
(ansv. redaktør), JA

Kontakt til redaktionen:

MOMENTUM+
Peter Bangs Vej 30,
2000 Frederiksberg
Telefon 33 21 28 00
E-mail post@ja.dk

Annoncer: DGMedia,
Havneholmen 33,
1561 København V.
Telefon 70 27 11 55
E-mail epost@dgmedia.dk

Abonnement: 4 numre kr. 320
ekskl. moms, løssalg kr. 95



Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S

Oplag: 4.707 i perioden
1. juli 2019 – 30. juni 2020
Danske Mediers Oplagskontrol

Forsidefoto:

Fremtidens grønne proteiner

Bert Wiklund

**Næste nummer af
MOMENTUM+:**
September 2021

ISSN 2246-1388



Der er entusiasme og idérigdom i proteinjagten

Sammenhængen i dette temamagasin er i alt otte artikler, der afspejler forskellige forskere og praktikers tilgang til problemstillingen og spørgsmålet 'nye proteiner og hvordan kommer vi derhen?'

Det for mig bemærkelsesværdige, når jeg ser på temamagasinet samlet, er den idérigdom og konstruktive tilgang til at opnå resultater, hver artikel præsenterer. Der er langt flere potentielle proteinkilder, end mange uden for interesseområdet er klar over.

Samtidig kan man mellem linjerne i artiklerne læse en entusiasme – og samarbejdsånd – blandt forfatterne. De tror på deres forskning eller forsøgsarbejde ude i markerne. De tror på, at vi med fælles hjælp finder en bedre måde at forsyne mennesker og dyr med protein. En måde, der er mere klimavenlig, mere økonomisk rentabel, sikrer fødevarereproduktionen og måske endda er sundere?

Læsningen giver rigeligt håb om, at en eller flere af projekterne vil være en væsentlig del af fremtidens grønne proteiner. Og her skal 'grønne' forstås bredt: klimavenlige og/eller vegetabiliske.

JA sætter yderligere fokus på fremtidens protein med et webinar mandag den 7. juni kl. 19-20.30. Her vil tre af forfatterne fremlægge status på deres projekter og lægge op til debat fra tre meget forskellige vinkler: Malene Fog Lihme Olsen vil præsentere forskningen inden for mikroalger som proteinkilde. Søren Knudsen fra Carlsberg Laboratorium vil fortælle om forædling af sorghum som tørketolerant afgrøde, mens Klaus Hansen Petersen vil skildre arbejdet med Bornholm som testø for proteinafgrøder. Og så tager vi en debat med deltagerne om 'fremtidens grønne proteiner'. Du kan finde webinarret og tilmelde dig via Arrangementskalenderen på JA's hjemmeside.



Mikael B. Hansen
temaredektør

Al henvendelse til: JA, Peter Bangs Vej 30, 2000 Frederiksberg



JATEMA