UNIVERSITY OF COPENHAGEN

Københavns Universitet

Kvantificering af forventede fremtidige proteinmarkeder og kortlægning af potentialer i forskellige nye proteinkilder

Gylling, Morten; Hermansen, John Erik

Publication date:
2018

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Gylling, M., & Hermansen, J. E. (red.), (2018). *Kvantificering af forventede fremtidige proteinmarkeder og kortlægning af potentialer i forskellige nye proteinkilder*, 58 s., IFRO Udredning Nr. 2018/08

Download date: 07. Oct. 2026

INSTITUT FOR FØDEVARE- OG RESSOURCEØKONOMI
KØBENHAVNS UNIVERSITET

IFRO Udredning

Kvantificering af forventede fremtidige proteinmarkeder og kortlægning af potentialer i forskellige nye proteinkilder

Morten Gylling (red.)
John Hermansen (red.)

2018 / 08

IFRO Udredning 2018 / 08

Kvantificering af forventede fremtidige proteinmarkeder og kortlægning af potentialer i forskellige nye proteinkilder

Redaktører: Morten Gylling, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet og John E. Hermansen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Udarbejdet for Miljøstyrelsen i henhold til aftalen mellem Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi og Miljø- og Fødevareministeriet om forskningsbaseret myndighedsberedskab (opgave i arbejdsprogrammet for 2017 med ID-nummer: 6.04).

Udgivet juni 2018

Se flere myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

Baggrund

I Danmark er der et stort behov for protein til den animalske produktion, idet produktionen p.t. er baseret på import af ca. godt 1 mio. tons protein til foderbrug. Samtidig er der globalt set en øget efterspørgsel efter protein til human ernæring, som dansk erhvervsliv kan bidrage til at dække. Nærværende notat har som formål at systematisere potentialet i forskellige nye proteinkilder med relevans for dansk produktion i denne sammenhæng. Notatet er udarbejdet på grundlag af foreliggende litteratur, input fra Det Nationale Bioøkonomipanel og foreliggende viden hos medarbejdere ved Aarhus Universitet og Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet, der har været involveret i udviklingsaktiviteter for enkelte produkter.

Der er således fokuseret på øget proteinproduktion fra dyrkede arealer, udnyttelse af proteiner fra blå biomasse (marine organismer), udnyttelse af mikroorganismer og insekter til proteinproduktion i industriel skala, samt udnyttelse af proteiner til human konsum fra en række sidestrømme, hvor disse hidtil blev udnyttet til foder eller energiformål. For hver af de nedenstående proteinkilder er der i det følgende beskrevet idegrundlaget samt – i den udstrækning det har været muligt at detaljere – teknologiens modenhed, produktionspotentialet, anvendelsesmuligheder, klima og miljøaspekter samt barrierer.

Det er vanskeligt at give en operationel definition på bæredygtig protein, da der kan lægges en række forskellige kriterier til grund for definitionen.

Der er her valgt at anvende tre globalt udbredte certificeringsordninger ITC, The State of Sustainable Markets (ITC, 2017), nemlig økologisk, ProTerra og Round Table for Responsible Soy (RTRS) som et udtryk for bæredygtighed, hvor afskovning og GMO er væsentlige parametre. Hvor økologien og ProTerra ikke accepterer anvendelsen af GMO, er dette accepteret i RTRS-certificeringen. Bilag A beskriver kort de to ordninger RTRS og ProTerra samt økologisk produktion af soja.

Indhold

Indhold 3
Diskussion og sammendrag 4
1. Udviklingen i den fremtidige efterspørgsel efter proteiner i Danmark, EU og globalt 8
1.1 Proteinproduktion i Danmark 8
1.2 Proteinforbrug til animalsk produktion i Danmark 8
1.3 Udvikling i forbrug af protein til human ernæring 13
2. Akvakultur og fiskemel 21
3. Proteiningredienser 23
3.1 Beskrivelse af alternative proteiner 23
3.2. Proteiningrediensmarkedet globalt 23
3.3 Proteiningrediensmarkedet i Danmark 26
4. Fact sheets for potentielle nye proteinkilder til foder og fødevarer 27
4.1 Grønne biomasser 29
Proteiner fra raffinering af græs- og græsmarksbælgplanter 29
Hestebønner – forbedrede sorter 31
4.2 Blå biomasse 33
Proteiner fra tang 33
Proteiner fra muslinger 36
Proteiner fra søstjerner 38
4.3 Proteiner fra mikroorganismer og insekter 40
Mikroalger 40
Proteiner fra insekter 42
Single cell bakterie proteiner 44
4.4 Opgradering af sidestrømme fra animalske produkter til human ernæring 46
Blod fra slagterier 46
4.5 Opgradering af sidestrømme fra vegetabilske produkter til human ernæring 48
Proteiner fra kartoffelpulp 48
Sidestrømme fra korn og frø af til human konsum til opgradering udover foder 50
Referencer 52
5. Bilag A: Certificeringsordninger for soja 57

Diskussion og sammendrag

Danmark er nettoimportør af protein til foder, især som følge af husdyrproduktionens sammensætning, hvor en stor andel er énmavede dyr, der stiller specielle krav til proteinkvaliteten i form af den rette aminosyresammensætning.

Den samlede årlige proteinproduktion fra landbrugsafgrøder i Danmark er på 2,16 mio. tons protein, svarende til et gennemsnitligt udbytte på 830 kg protein pr. ha. De største bidrag kommer fra korn og græs dyrket på sædskiftearealer. 77 pct. af den danske proteinproduktion fra afgrøder anvendes som foder i den animalske produktion.

Danskproduceret protein udgør godt 60 pct. af det samlede proteinbehov til foderbrug. Resten er importeret foder, hvoraf sojaprodukter udgør 64 pct.

Omkring 90 pct. af den importerede soja til foder er GM soja, men der er en stigende efterspørgsel efter GMO-frit soja til foderbrug. Der blev i 2017 importeret 70-80.000 tons non-GM sojaskrå, og 30.000 tons økologisk sojakage samt 20.000 tons økologisk solsikkekage. Der vurderes at være en stigende tendens for efterspørgslen efter disse produktgrupper, mens der forventes et relativt uændret samlet dansk behov for foderprotein frem til 2030.

Omkring 66 pct. af den globale sojaproduktion på ca. 300 mio. tons bliver handlet internationalt. Knap 4 mio. tons af den globale produktion af sojabønner er non-GM konventionelle, og knap 1 mio. tons er økologiske.

Det globale behov for proteiner vil stige markant i takt med befolkningstilvæksten, økonomisk vækst og øget købekraft. Samtidig stiger forbruget af animalsk protein hurtigere end forbruget af vegetabilsk protein. Det vurderes, at det totale globale forbrug af animalsk protein fra 2007 til 2030 vil stige med ca. 70 pct.

Kina, Indien og USA er verdens største producenter af økologiske sojabønner. Der forventes en stigende efterspørgsel efter økologisk soja. Arealerne med økologiske oliefrøafgrøder er i perioden 2004 til 2015 steget 8 – 9 gange.

Der er en stigende efterspørgsel efter animalske non-GM-produkter enten fra konventionelt non-GM, som eksempelvis Arlas drikkemælk, eller de rent økologiske produkter. Både non-GM konventionel og økologisk soja har en merpris, som skal hentes hjem ved salget af det færdige produkt. Samtidig er begge typer soja volumenmæssigt meget små i forhold til den samlede sojaproduktion, hvilket kan gøre dem meget prisfølsomme både på udbud og efterspørgsel.

Der er fra flere europæiske lande, eksempelvis Tyskland, Østrig og Schweiz, et ønske om at blive uafhængige af import af især oversøisk økologisk soja men også af konventionel non-GM soja. Man ser her prispræmien på de to produkter som en mulighed for at starte nationale produktioner af soja. Den samme tendens gør sig gældende i Danmark, men grundet vores nordlige placering er produktion af sojabønner ikke aktuel på kort til mellemlangt sigt. Der satses derfor på andre nye værdikæder for produktion af protein til at erstatte sojaprotein til foder.

Eksempler på nye værdikæder for foderproteiner

Der er en række eksempler på nye lovende proteinkilder. Det er valgt at dele de forskellige nye mulige foderproteinkilder op i kilder, der 'dyrkes' på land eller vand, og proteinkilder, der syntetiseres industrielt ud fra forskellige restprodukter i varierende grad (Tabel A), idet det bemærkes, at listen ikke er udtømmende, men netop eksempler.

Med de beskrevne nye kilder vil det være muligt at dække behovet for protein til Danmarks nuværende animalske produktion. For de industrielt fremstillede produkter og ved bioraffineringen af græs vil der samtidig produceres en sidestrøm, der kan udnyttes til bl.a. energiformål.

Der er forskel på proteinets aminosyresammensætning og dermed egnethed i husdyrproduktionen ved de forskellige produkter, ligesom aminosyreprofilen kan variere afhængig af det råmateriale og den procesteknologi, der bruges, men helt generelt vurderes forskellene at være små (og ikke nødvendigvis negative) i forhold til sojaprotein. Undtagelsen er proteinet fra hestebønner, der har en lavere relativ koncentration af den essentielle aminosyre methionin, der sammen med lysin er blandt de vigtigste aminosyrer i foderet til énmavede husdyr. Til drøvtyggere har aminosyreprofilen væsentlig mindre betydning. I den sammenhæng er det dog vigtigt at være opmærksom på, at de forskellige husdyr har et forskelligt behov for aminosyreprofil i forskellige stadier af deres liv. Ved konventionel produktion tilføres derfor ofte syntetiske aminosyrer til at optimere og afbalancere aminosyretildelingen til de enkelte dyregrupper. I nærværende sammenhæng er det dog vigtigere, at der kan være enten anti-nutritionelle stoffer i produkterne (fx hestebønner) eller et forhøjet fedtindhold i produkterne (fx mikroalger), der begrænser anvendelsen. Derfor skal der i praksis bruges en vifte af forskellige proteinkilder. Inddragelse af de marine proteinkilder samt mikroalger i foder giver samtidig mulighed for tilførsel af essentielle mineraler, omega-3 fedtsyrer og funktionelle polysakkarider med positiv effekt på dyrenes tarmflora.

Miljøeffekterne knyttet til produktion af de nye proteinkilder er dels knyttet til lokale forhold, dels til globale effekter. For de foreslåede dyrkede afgrøder forventes de lokale effekter især at være en lavere N-udvaskning til vandmiljøet (græsproduktion) og en lavere udledning af drivhusgasser (hestebønner). For blå biomasse giver dyrkning og høst af muslinger og tang i marine områder en mulighed for at opsamle "tabte" næringsstoffer udledt til havmiljøet og genanvende dem i det bioøkonomiske system på land. Således kan de indgå som såkaldte marine virkemidler og bidrage til målopfyldelse af Vandrammedirektivets krav om forbedret miljøtilstand i marine områder.

De globale effekter er især knyttet til det samlede udbytte af biomasse, idet der med en større produktion af biomasse til foder i Danmark er et mindsket krav til import af foder og dermed på produktionen af biomasse i andre lande. Overordnet set betyder det mindre pres på omlægning af natur- eller græsningsarealer til dyrkningsarealer og dermed en reduceret udledning af drivhusgasser og et mindre pres på biodiversiteten. I den sammenhæng er det vigtigt at notere sig, at der miljømæssigt ikke er større forskel på at efterspørge proteinrigt foder frem for korn eller lignende. Én af årsagerne er samspillet mellem efterspørgsel efter soja- og palmeolie. Øget efterspørgsel efter foderprotein vil udmønte sig i øget efterspørgsel efter sojaprotein, hvorved der kommer mere sojaolie på markedet. Når der kommer mere sojaolie ud på verdensmarkedet, vil produktionen af den marginale olie, palmeolie, falde (Schmidt, 2015). Herved påvirkes palmeoliesystemet også ved

ændringer i efterspørgsel på protein, og da miljøeffekter ved palmeolieproduktion typisk er væsentlig større end ved produktion af soja, falder den samlede miljøbelastning ved en sådan ændring.

For alle de foreslåede nye typer protein til foder, undtagen ved hestebønner, øges biomasseproduktionen i Danmark. Herved mindskes presset på de globale arealændringer, hvilket betyder lavere udledning af drivhusgasser og en forbedring af biodiversiteten.

Selv om det i tabellen er anført, at der produceres foderprotein, vil de samme kilder i princippet – med en yderligere teknologisk udvikling – kunne bruges til at producere protein til human ernæring. Det gælder umiddelbart for grønne og blå biomasse. For mikrobielt protein og insektprotein vil muligheden være afhængig af det råmateriale, der danner grundlag for produktionen. Insektprotein produceres allerede i dag til human ernæring, men så er insekternes fødegrundlag ikke husholdningsaffald, som det er forudsat her.

Fødevarer

Der er et betydeligt potentiale i at udnytte proteinholdige sidestrømme til opgradering til human ernæring (Tabel A). Igen er det ikke en udtømmende liste, men eksempler. Det er ikke 'nye' proteiner, da den nuværende anvendelse er til foder med godt resultat. Men ud fra et proteinforsyningssynspunkt ligger det mere ligefor at fremskaffe nye foderproteiner og så opgradere andre proteiner, der ud fra et hygiejnisk og fødevaresikkerhedssynspunkt allerede er af en kvalitet, der kan bruges til human ernæring. De anførte mængder kan sammenlignes med danskernes indtag af proteiner på ca. 143.000 tons per år. Omvendt vil de fremstillede proteinprodukter ikke være begrænset til Danmark, men i høj grad være produkter, der er velegnede til eksport. Vi har ikke kendskab til økonomiske analyser af disse fødevareproteiners konkurrenceevne, men man må forstille sig, at en høj forventet værdi (jf. valleproteinkoncentrat) har været en motivation for de involverede firmaer i at engagere sig i udviklingsarbejdet.

Tabel A. Eksempler på produktionspotentiale for forskellige proteinkilder til henholdsvis foder og fødevarer udtrykt som tons protein i produktet ved en årlig produktion (1 ton protein modsvarer proteinindholdet i 2,1 tons sojaskrå)

Type	Råmateriale	Primær anvendelse	Produktions-potentiale, tons protein i produktet pr. år	Miljøeffekter	Begrænsning for realisering
Grøn biomasse					
Raffinering af græs og græsmarks-bælgplanter	Dyrkede afgrøder	Foder	200.000- 400.000 tons[1].	Lavere N-udvask-ning og mindre pesticidforbrug. Lavere pres på globale miljøef-fekter som følge af højt udbytte	Teknologisk færdig-udvikling og esti-meret dårlig øko-nomisk konkurrence-evne over for soja-skrå i konventionel produktion
Hestebønner	Dyrkede afgrøder	Foder	170.000 tons (på bekostning af korn). Netto ekstra protein 110.000 tons	Færre drivhus-gasser	Fremskridt i forædlingen

Blå biomasse					
Tang (sukkertang)	Dyrkede afgrøder	Fødevarer og foder	30-120 tons	Fjernelse og genanvendelse af N og P fra havmiljøet	Procesteknologi og egnede områder
Muslinger (på line)	Dyrkede afgrøder	Foder	12.000 tons	Fjernelse og genanvendelse af N og P fra havmiljøet	Procesteknologi og egnede områder
Søstjerner (som skidtfisk i muslinge-produktionen)	Fiskeri	Foder	3.000 tons	Fjernelse og genanvendelse af N og P fra havmiljøet	Processerings-faciliteter
Mikrobieltprotein og insektprotein					
Mikroalger	CO_2 og næringsstoffer fra reststrømme	Foder	Industrielt – så godt som ingen naturgiven begrænsning	Lavere pres på globalt areal-forbrug til foder (lavere udledning af drivhusgasser og lavere pres på biodiversitet)	Teknologisk færdigudvikling, usikkerhed om driftsøkonomi
Insekter	Biologisk affald, fx husholdningsaffald	Foder	25.000 tons protein	Som ovenfor	Lovgivning vedr. anvendelse som foder og infrastruktur til husholdningsaffald
Bakterielt protein	Metan og næringsstoffer	Foder	Industrielt – i praksis ingen naturgiven begrænsning	Som ovenfor	Økonomisk konkurrenceevne
Sidestrømme, animalske produkter					
Blod	Fra slagterier	Fødevarer (ernæring og funktionalitet)	10.000 tons p.t. uudnyttet ren protein	I den udstræk-ning, at det bety-der et lavere forbrug af andre animalske føde-varer, reduceres den overordnede miljøbelastning	Omkostninger forbundet med opsamling
Sidestrømme, vegetabilske produkter					
Kartoffel-protein	Fra stivelses-produktion	Fødevarer (ernæring og funktiona-litet)	10.000 tons	Ingen særlige	Teknologisk udvikling
Korn og frø	Fra olie og mel-produktion	Fødevarer	182.000 tons fra raps 11.000 tons fra mask	Ingen særlige	Teknologisk udvikling

[1] Græsset antages at erstatte en kombination af eksisterende græs, korn og majsarealer, hvorved ovenstående proteinproduktion er ekstra protein produceret i Danmark.

Ovenstående eksempler ikke er en udtømmende liste over muligheder for at producere protein ud fra sidestrømme. Fx kan der produceres gærsvampe fra træbiomasse eller andre industrielle sidestrømme, hvor gærfløden kan være en værdifuld proteinkilde til foder eller som ingrediens i fødevarer, og dele af husholdningsaffaldet kan danne grundlag for produktion af spiselige svampe. Det er områder, hvor der i Danmark er stor viden om de industrielle processer vedr. produktion af gær og svampe.

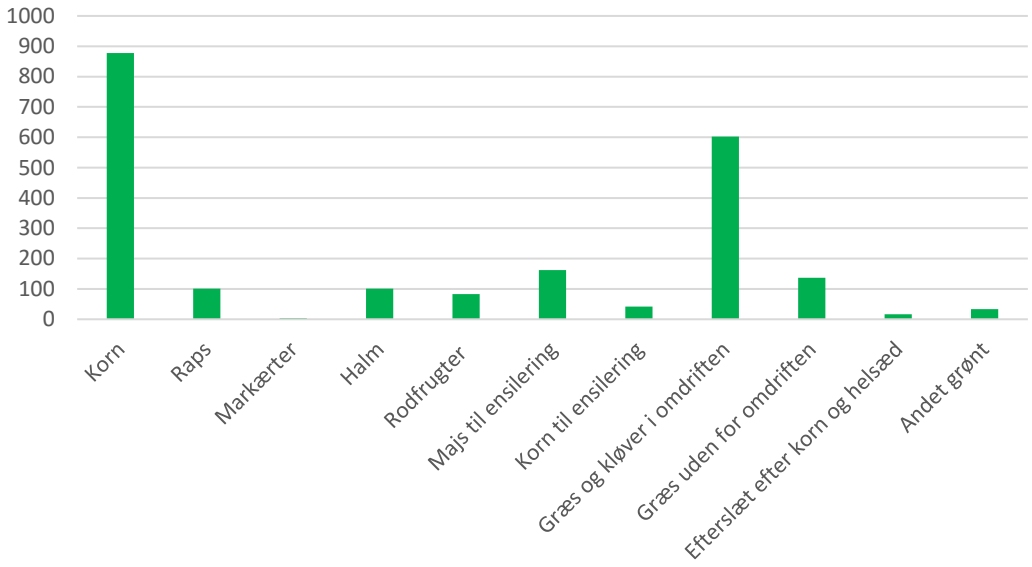
1. Udviklingen i den fremtidige efterspørgsel efter proteiner i Danmark, EU og globalt

(Morten Gylling, Maria Nygaard Thomsen, Henning Otte Hansen og Aske Skovmand Bosselmann)

1.1 Proteinproduktion i Danmark

Den samlede årlige proteinproduktion fra landbrugsafgrøder i Danmark i perioden 2010 til 2016 på 2,16 mio. tons protein, fra et areal på ca. 2,6 mio. ha, svarende til i gennemsnitligt udbytte på 830 kg protein pr. ha. (Danmarks Statistik, n/d).

Figur 1.1.1 Proteinproduktion – mio. kg Danmark gns. 2010-2016



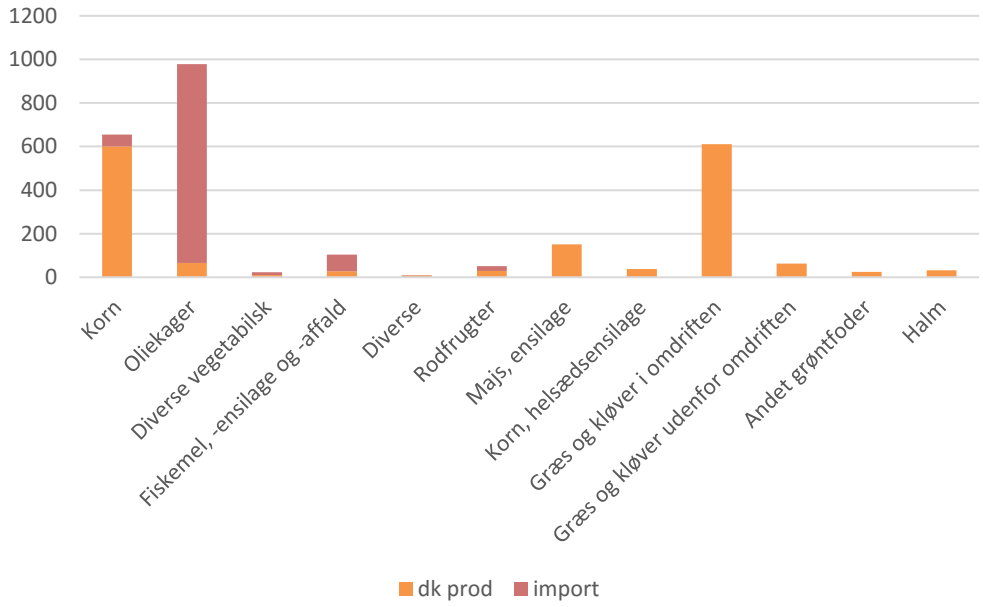
Kilde: Danmarks Statistik (n/d)

Figur 1.1.1 viser, at de to største bidrag kommer fra korn på 878 mio. kg og græs dyrket på sædskifteareal på 602 mio. kg. Ud over bidraget fra landbrugsafgrøder er der et beskedent bidrag fra produktion af grøntsager på friland og i væksthus.

1.2 Proteinforbrug til animalsk produktion i Danmark

77 pct. af den danske proteinproduktion fra afgrøder anvendes som foder i den animalske produktion. (Danmarks Statistik, n/d).

Figur 1.2.1 Proteinfoderforbrug i Danmark, mio. kg protein – gns. 2011-2016



Kilde: Danmarks Statistik (n/d)

Figur 1.2.1 viser det gennemsnitlige forbrug i årene 2011-17 i den animalske produktion for henholdsvis danskproduceret og importeret protein. I den pågældende periode udgjorde danskproduceret protein 1.658 mio. kg, svarende til 61 pct. af det samlede proteinbehov til foderforbrug, hvoraf korn og græsafgrøder giver de to største bidrag. Hertil kommer et forbrug baseret på importeret foder på 1.082 mio. kg protein, hvoraf sojaprodukter udgør 64 pct. (Tabel 1.2.1)

Tabel 1.2.1 Dansk import af protein til foderbrug (mio. kg)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Solsikkekager	217	275	447	304	316	285	263
Sojakager	1.514	1.351	1.386	1.464	1.522	1.712	1.558
Rapskager	675	554	415	475	433	451	417
Andre oliekager	24	25	39	42	37	60	39
Oliekager, -mel og -skrå i alt	2.430	2.205	2.286	2.285	2.308	2.508	2.277
Fiskemel, -ensilage og -affald	443	433	406	419	478	462	459

Kilde: Danmarks Statistik (n/d)

Samlet set er forbruget af protein til foder på 2.740 mio. kg protein. Størstedelen af den importerede protein på godt en million tons anvendes til en-mavede dyr, hvor der ud over korn, fiskemel og

rapsskrå ikke for nuværende på kort sigt er de store muligheder for at erstatte oliekager med dansk produceret protein. Værdien af det importerede protein svarer til omkring 5,9 mia. kr.

Som det fremgår af tabel 1.2.1, har fordelingen mellem de importerede proteinkilder været rimelig stabil. Det skal dog nævnes, at der for både rapsskrå og fiskemel også er tale om en ikke uvæsentlig dansk produktion. Soja udgør, som tidligere nævnt, mere end halvdelen af den samlede import.

Stort set al den importerede soja til foder er GM soja (produkter fra dyr fodret med GMO-holdigt foder skal ikke mærkes). Der er dog en stigende efterspørgsel efter GMO-frit soja til foderbrug, hvor eksempelvis al Arlas drikkemælk er fra køer, der er fodret med GMO-frit foder. En stigende del af fjerkræprodukterne er enten økologiske eller fra dyr, der er fodret med GMO-frit protein (soja).

Omkring 66 pct. af den globale sojaproduktion på ca. 300 mio. tons bliver handlet internationalt, hvor omkring to tredjedele går til Kina (ITC, 2017). Tabel 1.2.2 viser Danmarks rolle i det GMO-frie marked.

Tabel 1.2.2 Sojabønner – andel af non-GM konventionel og økologisk

	Mio. tons	Pct.
Global produktion	300	
Heraf non-GM konventionel	3,9	1,3
Heraf økologisk	0,9	0,8
Dansk import (2017)	1,325	
Heraf non-GM konventionel	0,08	6
Heraf økologisk	0,03	2,3

1 ton sojabønner svarer i gennemsnit til 790 kg sojaskrå (https://ussec.org)
Kilder: Danmarks Statistik (n/d); ITC (2017)

Knap 4 mio. tons af den globale produktion af sojabønner er non-GM konventionelle (ProTerra-certificerede), og knap 1 mio. tons er økologiske. Af den samlede danske import på 1,3 mio. tons sojaskrå er 80.000 tons non-GM konventionelle, og 30.000 tons er økologiske svarende til henholdsvis 6 pct. og 2,3 pct. Det skal her bemærkes, at Danmark er en meget lille spiller på disse markedssegmenter, hvilket vil blive behandlet senere i notatet.

Ved fremskrivning af husdyrproduktionen frem mod 2030 ses en merproduktion af mælk på 28 pct. som en kombination af flere køer og en højere mælkeydelse pr. ko, en næsten uændret produktion af svine- og fjerkrækød, hvorimod produktionen af æg antages at falde med 16 pct. (Hermansen et al., 2017b). Foderforbruget i 2030 er for malkekøer beregnet ud fra en marginal energieffektivitet på 70 pct. til den højere mælkeydelse, mens koncentrationen af protein i det øgede foderoptag er antaget uændret. For slagtesvin og slagtekyllinger er der regnet med en forbedret effektivitet på energi og protein på fem pct., mens der for de øvrige dyregrupper er regnet med uændret proteinforbrug pr. produceret enhed.

Tabel 1.2.3 Beregning af forbruget af foderprotein, opdelt i danskproduceret korn, grovfoder og andet samt importeret foderprotein i den danske animalske produktion fordelt på husdyrarter i henholdsvis 2015 og fremskrevet til 2030, mio. kg protein.

	DK korn		DK grovfoder		DK andre afgrøder		Importeret foder		I alt foderprotein	
	2015	2030	2015	2030	2015	2030	2015	2030	2015	2030
Kvæg	125	138	556	631	63	69	288	325	1.032	1.163
Svin	388	356	0	0	44	38	618	569	1.050	963
Fjerkræ	31	30	0	0	6	6	57	52	94	88
DK	544	524	556	631	113	113	963	946	2.176	2.214

Kilde: Hermansen et al. (2017b)

Tabel 1.2.3 viser et relativt uændret behov i det samlede foderprotein. Dog sker der en mindre forskydning mod mere protein, som kommer fra grovfoder og mindre fra dansk produceret korn og importeret foder. Dette skyldes en forventning om flere køer og derved et højere forbrug af grovfoder.

I relation til import af især sojaprotein til EU er GMO væsentligt. Alle varer med et (teknisk uundgåeligt) indhold af GMO på over 0,9 pct. skal mærkes ved import til EU. Dette gælder ved anvendelse til både fødevarer og foder. Der er dog den forskel, at animalske produkter fra dyr fodret med GMO-holdigt foder ikke skal mærkes videre i kæden. Der er dog en stigende efterspørgsel efter animalske produkter, hvor dyrene er fodret med GMO-frit foder, men hvor produktionen ikke nødvendigvis behøver at være økologisk men "kun" GMO-fri.

Der er ikke nogen statistik for handel med non-GM sojaskrå, som er den eneste potentielle GMO-holdige protein, der importeres til EU.

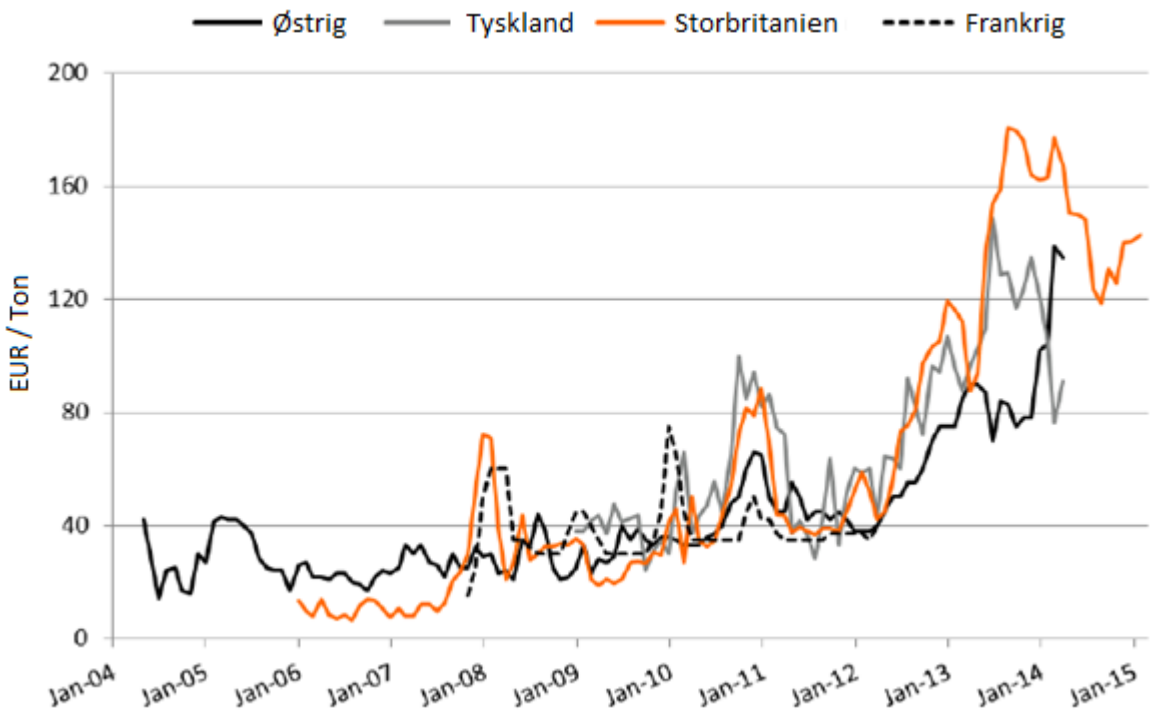
Danmark:
Der blev i 2017 importeret 70-80.000 tons non-GM sojaskrå (Jesper Pagh, 2018, personlig meddelelse), og der vurderes at være en stigende tendens.

EU:
JRC anslår i rapporten "Markets for non-Genetically Modified, Identity-Preserved soybean in the EU", at ud af en samlet import til EU på cirka 26,6 mio. tons sojaækvivalent i 2013 var ca. 2,7 mio. tons IP non-GM soja. Vurderingen bygger på et udsnit på 14 EU-lande, hvor der er gennemført interviews med centrale aktører.

Produktionen af og handel med konventionel IP non-GM soja medfører omkostninger til adskillelse i hele forsyningskæden. Det må også forventes, at der mange steder vil være et mindre udbytte/højere dyrkningsomkostninger ved dyrkning af non-GM soja, hvilket vil kræve en højere salgspris, for at landmanden vil dyrke GMO-frit. Dette vil skønsmæssigt betyde en øget "teknisk" omkostning på omkring 10 pct., hvilket også synes at have været tilfældet frem til 2012. Merprisen for non-GM soja er i perioden fra 2012 for konventionel non-GM steget betragteligt og holdt på et højt niveau (Figur 1.2.2). Dette skyldes en øget efterspørgsel i en række europæiske lande samt et periodisk mindsket udbud. Præmien for eksempelvis brasilianske varer ligger i et niveau på 110-120 kr. pr. 100 kg

sojaskrå. Denne præmie kan være medvirkende til, at der bliver økonomiske muligheder for en europæisk produktion i et forventet stigende marked.

Figur 1.2.2 Prispræmie af IP non-GM sojabønnemel i fire lande 2004-2015



Kilde: JRC (2015)

På trods af de øgede præmier på non-GM soja er der i løbet af det seneste årti sket en markant ændring i forbruget af soja som foderprotein i Østrig. Østrig er kendt for at have en stærk fødevarebevægelse inden for lokalproduktion og økologi. Ifølge den østrigske non-GMO-forening ARGE Gentechnik-frei har dette ledt til, at sojaimporten til foderstoffer er faldet fra 580 mio. kg. i 2005, hvoraf 5 pct. var non-GMO, til 400 mio. kg. i 2017, hvoraf ca. 50 pct. er certificeret non-GMO. Derudover producerer Østrig selv en stigende mængde soja, som på nuværende tidspunkt dyrkes på 67.000 ha, hvilket forventes at stige til 80.000 ha. over de næste par år. Det øgede forbrug af non-GM soja startede med omlægning af mejerisektoren og æg (begge i 2010) og senere slagtekyllinger og kalkuner (2012). Nu er svineproduktionen, som er den største forbruger af soja ligesom i Danmark, også begyndt at efterspørge stigende mængder non-GM soja, og flere foderstofproducenter har allerede omlagt til 100 pct. non-GM soja, bl.a. Fixkraft og Likra. Foruden den stigende efterspørgsel drives omlægningen også af omkostningerne ved at behandle både GM og non-GM foderstoffer. (F. Faber, ARGE Gentechnik-frei, personlig korrespondance).

Markedet for GMO-mærkede fødevarer i EU er på det nærmeste ikke eksisterende, men spørgsmålet er her, om der kan opbygges et marked for non-GMO-mærkede animalske fødevarer, såsom mælk i Danmark. Hvis dette breder sig til kød, især svin, som man nu ser det i Østrig, så kan det bliver en øget *driver* for alternativ soja eller anden foderprotein.

Der er globalt en ProTerra-certificeret produktion af non-GM soja på ca. 1,5 pct. af arealet med soja svarende til en produktion på 3,8 mio. tons. Brasilien er suverænt den største producent efterfulgt af Rusland og USA (se tabel 1.2.4). Se også Bilag A for en uddybende beskrivelse af ProTerra.

Tabel 1.2.4 ProTerra-certificerede sojabønner 2015

	Areal	Andel af total sojabønneareal	Produktionsvolumen
	(ha)	(pct.)	(MT)
Brasilien	1.780.000	6,4	3.760.000
Canada	2.500	0,1	20.000
Frankrig	2.500	5,8	5.000
Rusland	15.000	1,2	80.000
USA	10.000	0,03	20.000
I alt	1.810.000	1,5	3.885.000

Note: Denne tabel refererer til non-GM konventionel sojaproduktion.
Kilde: ProTerra Foundation (2016)

1.3 Udvikling i forbrug af protein til human ernæring

Danmark

Ifølge Hermansen et al. (2017b) indtager en dansker i gennemsnit 27,1 kg protein om året, hvilket giver et totalt årligt proteinindtag i Danmark på 143 mio. kg. Man skal være opmærksom på, at det er den indtagne mængde af fødevarer, og derved er rene ingredienser ikke indregnet. Dvs. den producerede mængde protein i fødevarer er noget højere, da der sker et tab i kæden fra produceret til indtaget mængde fødevarer.

Tabel 1.3.1 Indtag af protein i kosten i Danmark

	Indtag, kg protein/år	Antal danskere i aldersgruppen	Samlet indtag om året i Danmark, mio. kg protein
Børn 4-9 år	24,1	572.848 (0-9 år)	13,8
Børn, 10-17 år	26,3	642.332 (10-19 år)	16,9
Voksne, 18-75 år	27,7	4.047.572 (> 19 år)	112,3
I alt		5.262.752 (0–> år)	143,0

Kilde: Hermansen et al. (2017b)

Andelen af animalsk protein i kosten er bestemt i tabel 1.3.1 ud fra den gennemsnitlige sammensætning af fødevareindtaget for voksne i perioden 2003-2008. For hver fødevaregruppe beregnes et gennemsnitligt proteinindhold ud fra DTU's fødevaredatabase. Således er 66 pct. af proteinindtaget i den danske kost af animalsk oprindelse, mens det kun er 34 pct. af energiindtaget, der stammer fra animalsk produktion.

Tabel 1.3.2: Sammensætning af kosten og proteinbidrag pr. fødevaregruppe i kosten, gennemsnitskost for danske voksne.

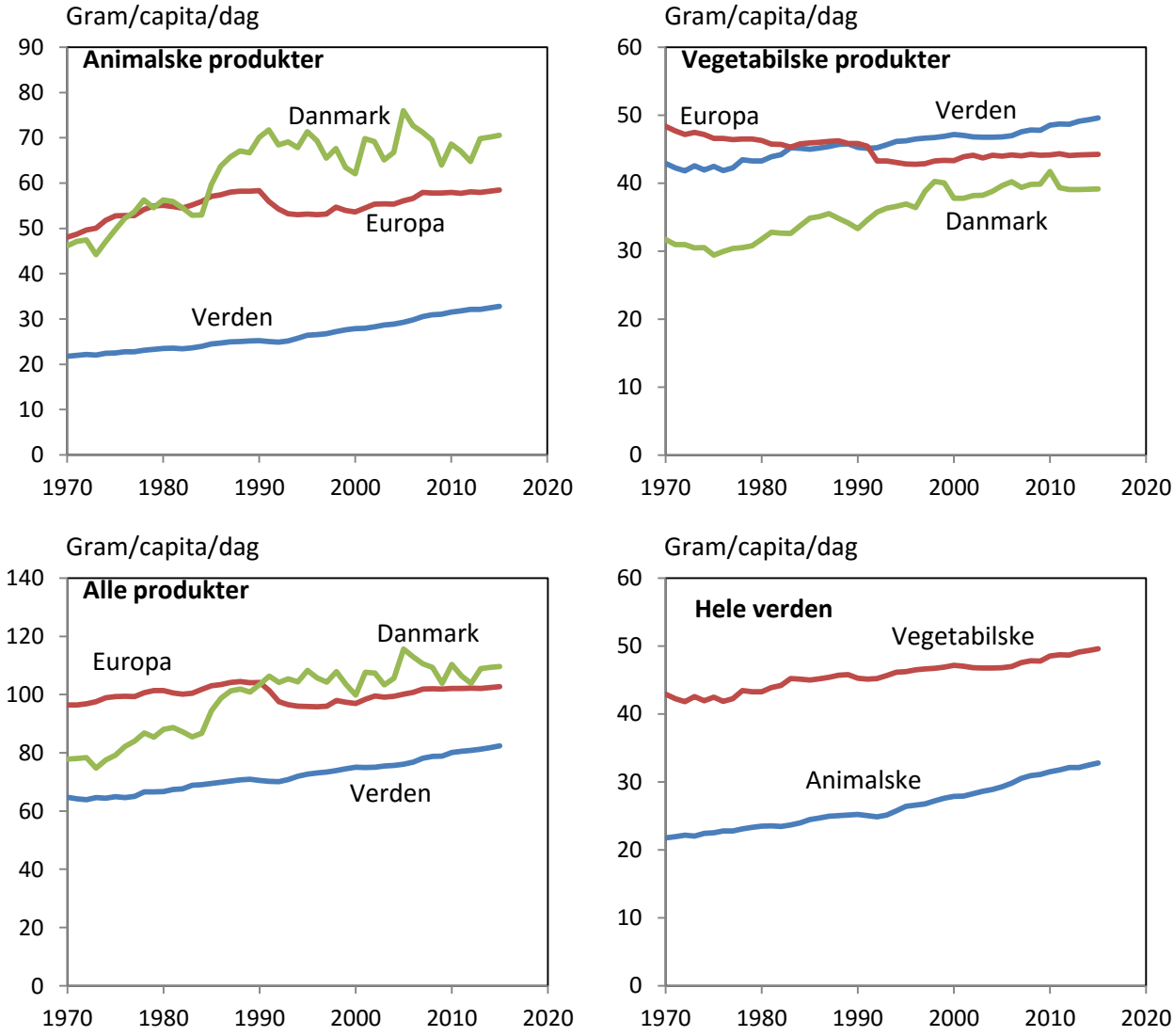
Fødevaregruppe	Indtag, g/dag	Protein, g/100 g fødevare	Protein, g/dag	Andel protein, pct.	Andel energi, pct.
Mælk m.m.	359	3,5	13	15	8
Ost m.m.	38	23,7	8,8	11	5
Brød, ris, pasta	236	8,5	20	24	28
Grøntsager	186	1,2	2	3	3
Kartofler	113	2,2	2,5	3	4
Frugt	245	0,7	2	2	6
Juice	80	0,6	0,5	1	2
Svinekød	89	18,7	16,6	20	7
Oksekød	32	19,7	6,1	7	3
Fjerkræ	27	19,3	5,2	6	2
Æg	19	12,3	2,3	3	1
Fisk	25	13,7	3,3	4	1
Fedtstoffer	38	0,3	0,1	0	13
Sukker og slik	36	0,0	0	0	6
Drikkevarer	2.273	0,05	1	1	11
Kosten i alt			83	100	100
Heraf af animalsk oprindelse				66	34

Kilde: Hermansen et al. (2017b)

Global udvikling

Det globale behov for proteiner vil stige markant i takt med, at der forventes en befolkningstilvækst på ca. 2 mia. inden år 2050 sammen med økonomisk vækst og øget købekraft. Effekten af den stigende købekraft er illustreret i figur 1.3.1. Forbruget af fødevarer varierer meget mellem forskellige dele af verden, og samtidig er der betydelige ændringer over tid. En karakteristisk forskel mellem verdensdele er andelen af kød i fødevareforbruget. Mens kød globalt set dækker 13 pct. af kalorieindtaget og 28 pct. af proteinindtaget, er de tilsvarende tal for de industrialiserede lande 28 pct. af kalorieindtaget og 48 pct. af proteinindtaget. Samtidig har der de sidste 50 år været en stigning i kødforbruget, men i forskellig takt. Figur 1.3.2 viser udviklingen i kødforbruget pr. indbygger i forskellige verdensdele samt i Brasilien, Kina og Indien fra 1961 til 2013.

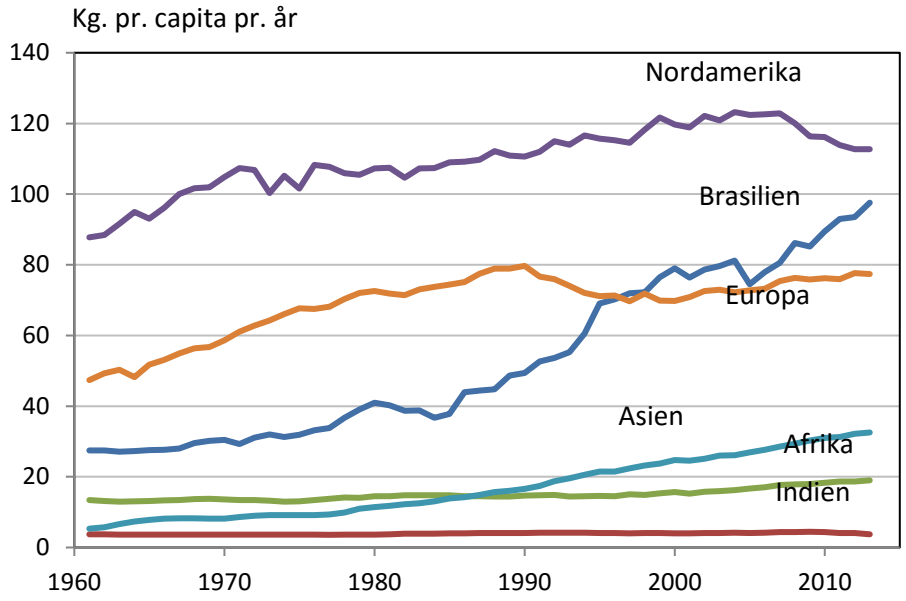
Figur 1.3.1 Forbrug af protein til fødevarer - gram pr. capita pr. dag



Kilde: Egen fremstilling på grundlag af FAO (2018)

Figur 1.3.1 viser også, at i verden under ét stiger forbruget af animalsk protein hurtigere end forbruget af vegetabilsk protein. I perioden 2000-13 har der været en årlig gennemsnitlig vækst i forbruget af vegetabilsk og animalsk protein pr. capita i hele verden på hhv. 0,33 pct. og 1,0 pct.

Figur 1.3.2 Kødforbrugets udvikling per indbygger i perioden 1961-2013



Kilde: FAO (2018)

Kødforbruget i Europa og Nordamerika har over en lang periode været stigende, og selv om stigningen er aftaget i de senere år, er forbruget langt større end i de øvrige verdensdele. Dette skyldes den økonomiske vækst og den generelle velstand i samfundet. Mens kødforbruget kun har været svagt stigende over årene i Afrika, er der de seneste år sket en kraftig stigning i Asien. Især i Kina har der været en stærk stigning, men også i Sydamerikas største land Brasilien er der sket en stor stigning, så kødforbruget nu ligger over niveauet i Europa.

Ud fra de generelle tendenser lavede Westhoek et al. (2011) en fremskrivning af forbruget af animalsk protein (kød og mælk) til år 2030 i forhold til 2007-niveauet. Her blev det vurderet, at:

- Det samlede forbrug af animalsk protein vil øges med ca. 70 pct.
- I de industrialiserede lande vil stigningen være ca. 10 pct.
- I Kina vil stigningen være ca. 100 pct.
- I Afrika vil stigningen være ca. 200 pct.

Denne udvikling betyder også en kraftig øget efterspørgsel efter foderprotein. OECD (2016) har lavet en nyere fremskrivning af den forventede husdyrproduktion.

Tabel 1.3.3 Global kød- og mælkeproduktion i årene 2013-15 og fremskrivninger til år 2025

Type	Oksekød og kalvekød	Svinekød	Fjerkræ	Får	I alt	Mælk
	mio. t slagtekroppe vægt					mio. t
2013-15	68	117	110	14	309	770
Forventet 2025	78	131	131	17	357	947
Forøgelse, pct.	*15*	*12*	*19*	*20*	*16*	*23*

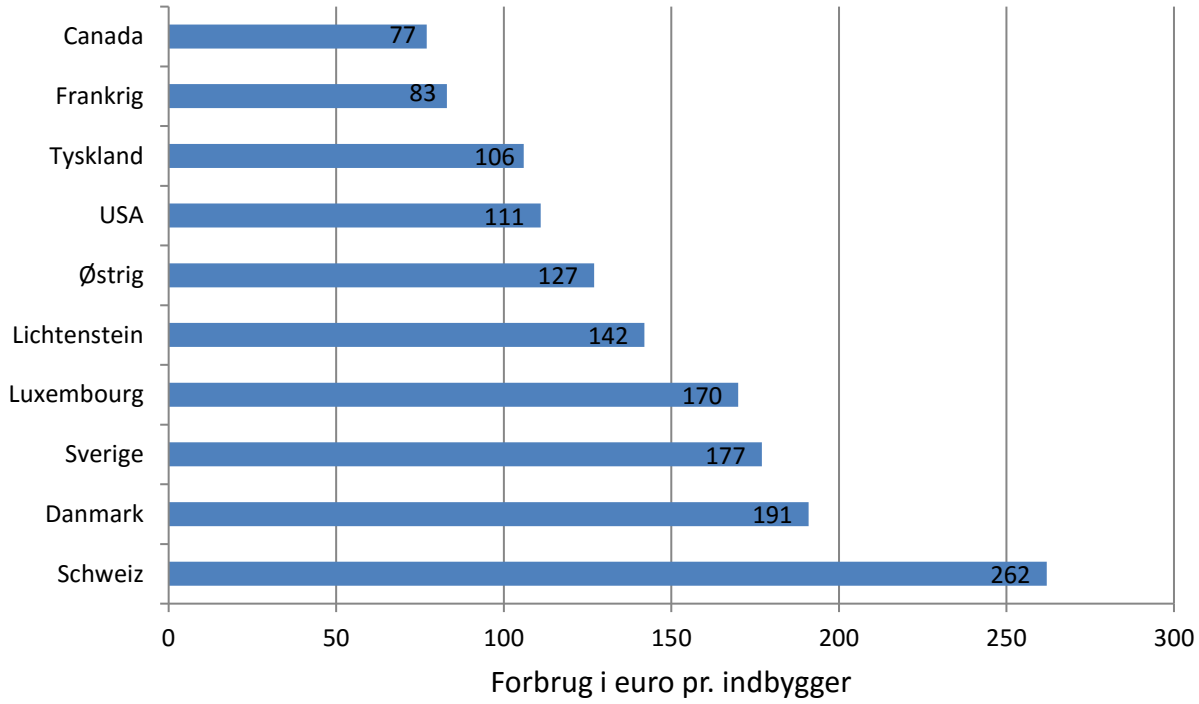
Kilde: Hermansen et al. (2017b)

Det fremgår af tabel 1.3.3, at husdyrproduktionen forventes at stige med 12–23 pct. på globalt plan bare i de nærmeste år. Dette betyder samtidig en øget efterspørgsel efter foderprotein. Soja er det dominerende proteinfodermiddel globalt set. I 2014 var sojabønneproduktionen globalt set på 306,5 mio. tons. Det må forventes, at der mindst sker samme øgede efterspørgsel efter proteinfoder-midler, som husdyrproduktionen øges. Dvs. en forøgelse på ca. 20 pct. betyder en øget efterspørgsel efter soja eller sojasubstitutter på 61 mio. tons.

Økologi

Danmark er et af de lande i verden, hvor den økologiske produktion og forbrug stiger mest. Danmark er samtidig det land i verden, der har det næststørste pr. capita forbrug af økologiske fødevarer på 191 Euro (efter Schweiz).

Figur 1.3.3 Forbrug af økologiske varer



Kilde: FiBL & IFOAM undersøgelse 2017, baseret på data fra offentlige organer, den private sektor og markedsundersøgelsesselskaber.

Samtidig er der en stor vækst i økologi til storkøkkener og foodservice, der i 2016 rundede en omsætning på 2 mia. kr. (DSTAnalyse, 2016).

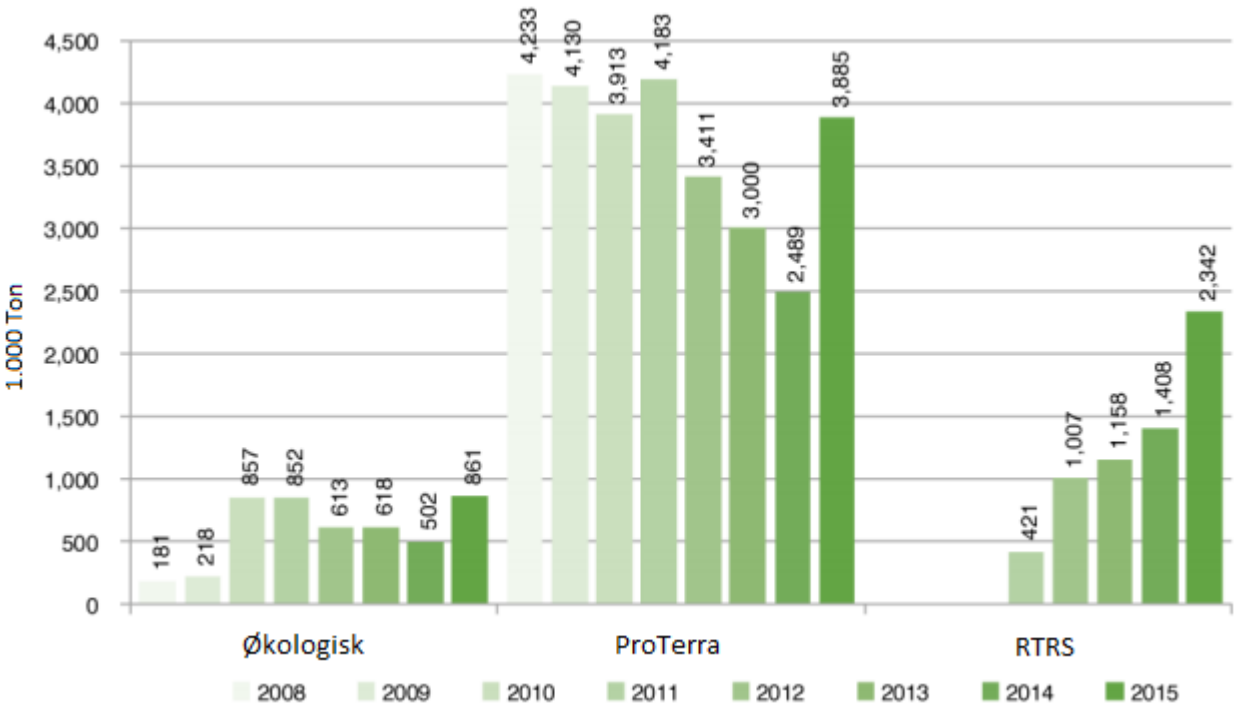
Forbruget af økologisk svinekød er steget i de seneste år, mens der dog for tiden er en vis afmatning i efterspørgslen. Ellers har æg og mælk været de store varer af animalsk oprindelse.

Det betyder en større efterspørgsel efter økologisk protein til foder. Proteinforsyningen til den økologiske husdyrproduktion er i langt højere grad end den konventionelle baseret på danskproduceret protein, men der er dog en løbende udfordring med at skaffe egnet danskproduceret protein til svin og fjerkræ. Det skønnes, at der importeres omkring 30.000 tons økologiske sojakager og 20.000 tons økologiske solsikkekager (Jesper Pagh 2018, personlig meddelelse).

Man skal dog her være opmærksom på, at de økologiske husholdninger har et mindre forbrug af kød, fjerkræ og fisk end de konventionelle husholdninger (DSTAnalyse, 2016) men et højere forbrug af mejerivarer og æg. Dette betyder alt andet lige et mindre træk på protein til foder.

Figur 1.3.4 nedenfor viser udviklingen i de producerede mængder af certificeret soja (1000 tons).

Figur 1.3.4 Producerede mængder af soja certificeret under økologiske ordninger, ProTerra og RTRS, i perioden 2008 til 2015



Note: Den økologiske volumen er estimeret af FiBL, baseret på estimeret udbytte, da reelle data ikke er tilgængelige for de fleste lande.
Kilde: ITC (2015)

Den økologiske produktion var i 2009/2010 på godt 850.000 tons, hvorefter der var et væsentligt fald frem til 2013, hvor man kom op på samme niveau som før finanskrisen, ProTerra viste det samme

mønster. Den RTRS-certificerede produktion har været jævnt stigende siden 2011, og der er fra 2015 en kraftig stigning i produktionen til EU-biobrændstof-markedet.

Produktionen var i 2017 på godt 4 mio. tons. Brasilien og Argentina står for omkring 95 pct. af den RTRS-certificerede produktion med Argentina som den suverænt største med godt 82 pct.

Der er fire danske virksomheder, der i perioden 2014 til 2017 har købt kreditter svarende til godt 1,5 mio. tons, hvor Arla står for næsten hele mængden.

Tabel 1.3.4 viser produktionen af økologisk soja fordelt på lande. Som det fremgår af tabellen, har USA, Kina og Indien den største produktion, og i EU er det kun Frankrig, Østrig og Rumænien, der har en betydende produktion.

Tabel 1.3.4 Produktion af økologisk soja (2015)

	Estimeret høstet areal (ha)	Andel af total sojabønneareal (pct.)	Estimeret produktion volumen (MT)
Kina	251.150	3,7	442.000
Indien	117.000	1,0	114.650
USA	51.100	0,2	104.100
Canada	15.200	0,8	30.450
Frankrig	12.650	29,4	22.650
Østrig	11.950	28,4	16.500
Argentina	10.300	0,1	18.300
Togo	10.050	-	3.500
Rumænien	8.950	13,3	22.000
Rusland	6.400	0,5	14.850
Kasakhstan	5.900	5,7	11.600
Ukraine	5.650	0,4	8.100
Brasilien	5.400	0,0	14.200
Italien	4.850	2,6	17.600
Verden	528.325	0,4	861.140

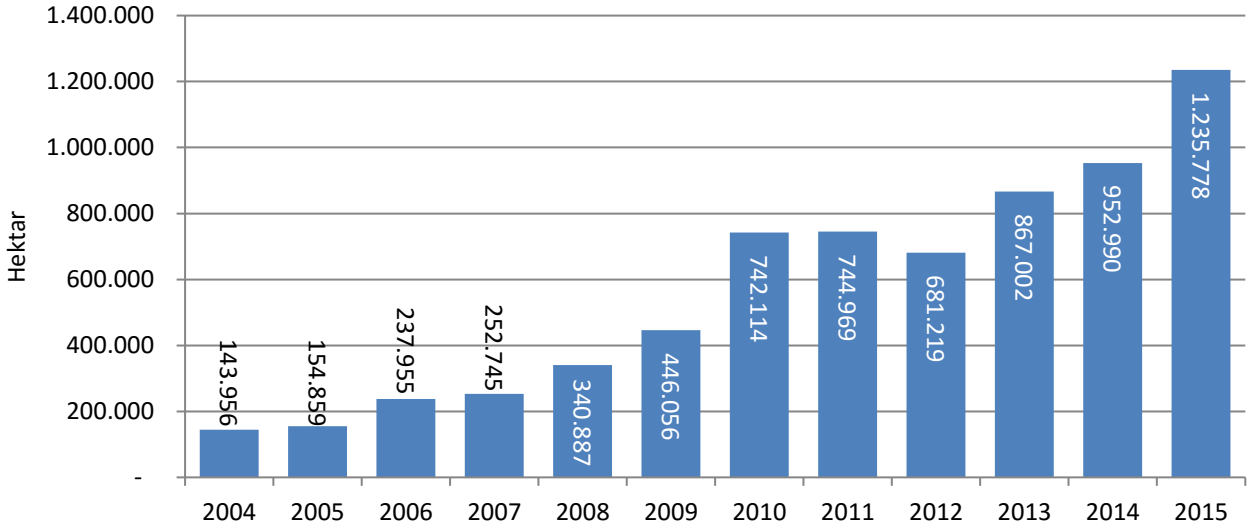
Kilde: ITC (2017). Estimater baseret på nationale datakilder og data fra certifikater.

Kina tegner sig for godt halvdelen af den certificerede produktion af økologisk soja i 2015. Da Kina er den største nettoimportør af soja, er det spørgsmålet, om Kina har mulighed for at øge produktionen af økologisk soja.

På baggrund af det stigende økologiske forbrug forventes der en stigende efterspørgsel efter økologisk soja. Samtidig er der i en række europæiske lande et ønske om at producere økologisk soja nationalt eller i Europa for derved at mindske afhængigheden af import fra oversøiske lande.

Figur 1.3.5 viser udviklingen i arealerne med økologiske oliefrøafgrøder i perioden 2004 til 2015. Som det fremgår, er arealet steget 8-9 gange i perioden.

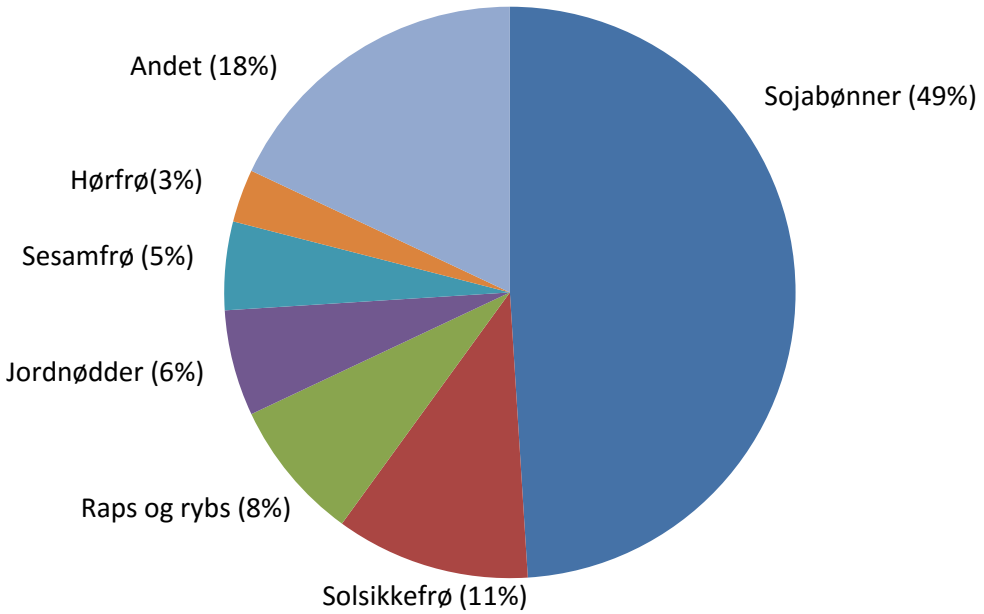
Figur 1.3.5 Udvikling i arealer af økologiske oliefrøafgrøder (globalt)



Kilde: FiBL & IFOAM (2017)

Ser man på sammensætningen af den globale produktion af oliefrøafgrøder, viser figur 1.3.6, at soyabønner og solsikker tegner sig for 60 pct. af den globale produktion af oliefrøafgrøderne.

Figur 1.3.6 Sammensætningen af oliefrøafgrøder (Verden i alt)



Kilde: FiBL &IFOAM (2017)

2. Akvakultur og fiskemel

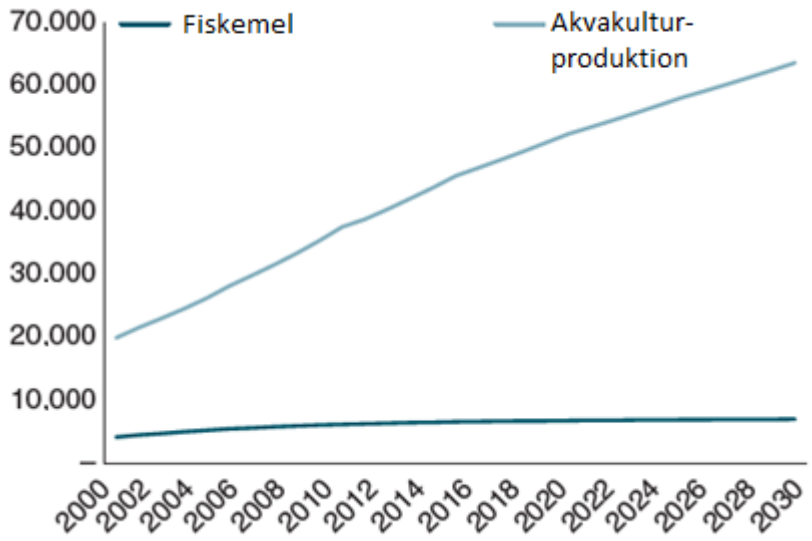
(Morten Gylling og Henning O. Hansen)

Den globale akvakultur er i 10-årsperioden fra 2005 til 2015 vokset med over 80 pct., og produktionen fra akvakultur er nu større end landingerne fra fiskeriet. Væksten sker især i Asien og delvist også i Norge. I EU 28 har væksten i produktionen fra akvakultur i samme periode kun været på 2 pct. (DSTAnalyse, 2017). Dette gælder også for Danmark, hvor produktionen i de sidste 25 år har været nogenlunde konstant på 40-45.000 tons (MFLF, 2014), Ca. 10 pct. af den samlede danske fiskeproduktion stammer fra akvakultur, hvor omkring 3 pct. af produktionen er økologisk.

Der er dog sket et skift imellem produktionsmetoder, idet produktionen i ferskvandsdambrug er faldet, mens produktionen i havbrug er steget, så produktionen stort set er den samme.

Fiskefoderet til akvakulturen tegner sig for en væsentlig andel af det globale forbrug af fiskemel. Væksten i den globale akvakulturproduktion har dog også betydet, at der i de senere år har været arbejdet intenst med at erstatte fiskemelet med andre proteinkilder, hvor især vegetabilske proteinkilder også undersøges.

Figur 2.1.1 Sammenhæng mellem akvakulturproduktion og forbrug af fiskemel i 1.000 tons



Kilde: World Bank (2013)

Det forventes, at en faldende andel af fiskefoderet til akvakulturen vil være baseret på fiskemel, og at der således sker en afkobling mellem stigningen i produktionen og anvendelsen af fiskemel.

Som tabel 2.1.1 viser, har Danmark en relativt stor produktion af fiskemel på omkring 200.000 tons og således noget større end den norske og islandske produktion.

Tabel 2.1.1 Produktion af fiskemel

	1.000 tons fiskemel					
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Peru	789	1679	841	1115	524	852
Thailand	500	495	487	450	460	420
Kina	465	530	535	560	450	400
Chile	509	549	483	320	397	322
Vietnam	70	195	245	275	310	285
USA	217	274	259	235	223	263
Danmark	191	163	89	139	165	206
Japan	202	183	186	183	186	184
Norge	153	107	98	96	144	167
Island	84	91	133	121	92	153
Verden	4.645	5.861	4.753	4.940	4.481	4.731

Kilde: SEAFISH (2016)

Som tabel 2.1.2 viser, svarer den danske eksport i 2015 stort set til produktionen, men der er også en mindre import, da fiskemel er en internationalt handlet vare.

Tabel 2.1.2 Eksport af fiskemel

	1.000 tons fiskemel					
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Peru	1.084	1.281	1.328	849	850	705
Danmark	208	211	185	197	177	203
Chile	316	331	306	236	255	192
Thailand	110	73	63	126	172	155
USA	77	183	188	149	160	148
Tyskland	30	197	232	168	203	144
Island	70	90	120	121	80	144
Marokko	89	67	72	84	134	110
Ecuador	81	89	93	99	79	70
Norge	22	25	18	21	35	64

Kilde: SEAFISH (2016)

Som det fremgår af tidligere afsnit, anvendes der omkring 100 tons fiskemel årligt i husdyrfoder. Anvendelsen af fiskemel har ændret sig væsentligt over tid. Det er først i løbet af firserne, at fiskemel begynder at blive anvendt i akvakulturen, mens svin og fjerkræ tegnede sig for omkring 85 pct. af forbruget. Denne andel er i 2015 faldet til knap 30 pct., mens andelen af fiskemel til akvakultur er oppe på 70 pct. (SEAFISH, 2016), men som nævnt tidligere forventes denne andel samlet set at falde.

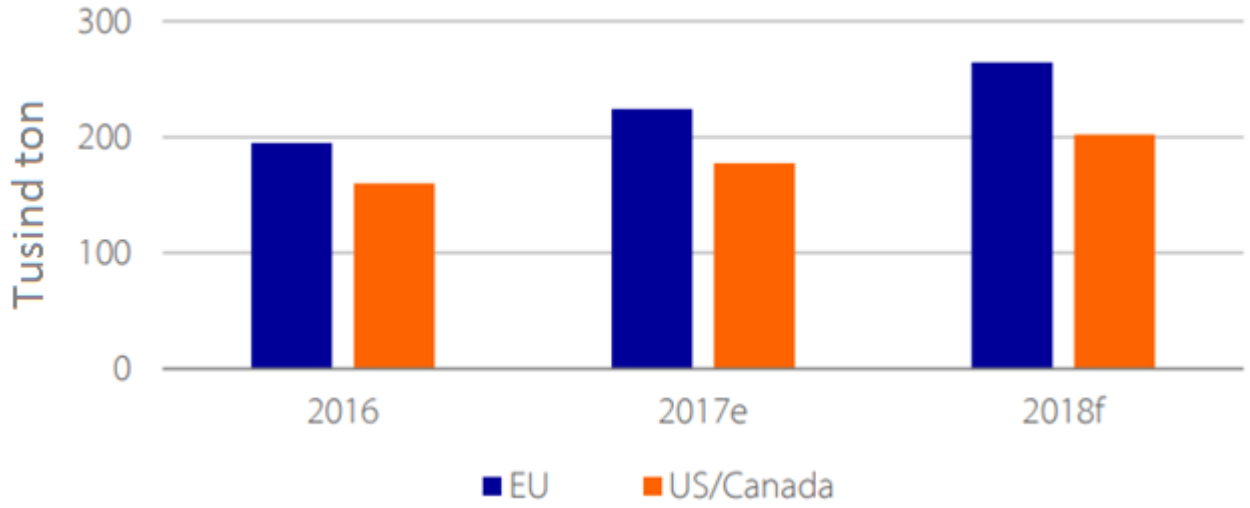
3. Proteiningredienser

(Aske Skovmand Bosselmann og Maria Nygård Thomsen)

3.1 Beskrivelse af alternative proteiner

Forbrugeren er de seneste år blevet gjort opmærksom på alternative proteinkilder. Plantebaserede kød-substitutter som NATURLI' vil have en dominerende plads på markedet, hvorimod alternativer som insekter og alger skal bruge tid til at opnå en vis tillid fra forbrugeren (RaboResearch, 2017). Når disse alternativer får den nødvendige tilladelse fra myndigheder, ses en stigende støtte til produktet. På nuværende tidspunkt er det største marked for alternative proteinkilder placeret i Europa og derfra efterfulgt af Nordamerika. Dog er det stadig et marked, som er relativt mindre end det totale animalske proteinmarked.

Figur 3.1.1 Markedsvolumen af alternative proteinkilder i EU, USA og Canada



Note: Tallene for 2017 er estimeret, og for 2018 er tallene fremskrevet.
Kilde: RaboResearch (2017)

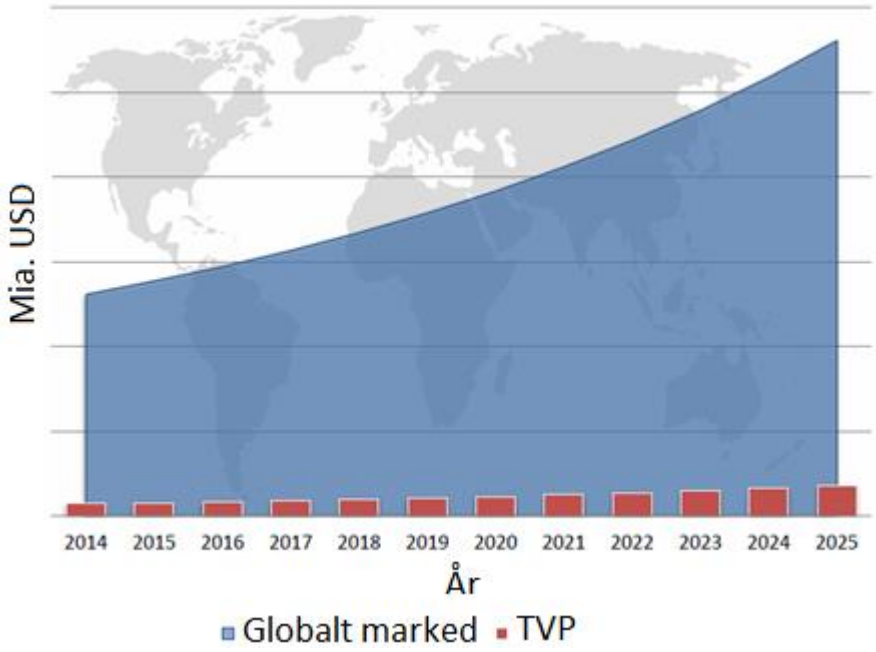
Proteiningredienser er protein trukket ud af et produkt. Dette kan fx være planter, kød og mælk og optræder derfor ikke som den originale proteinkilde, men kan i stedet findes i en form af såkaldte isolater, hvor proteinet er blevet isoleret og optræder i meget høj koncentration; koncentrater, hvor proteinindholdet er blevet koncentreret men er knapt så højt som i isolater, og hydrolysater, hvor proteinet yderligere har været gennem en form for hydrolyse, hvor proteinet delvist nedbrydes. Proteiningredienserne bruges som tilsætningsstoffer både til fødevarer og til at forbedre forbrugerens oplevelse og indfri forventninger i forhold til sundhed, men også i forhold til foder for at forbedre foderens effekt (Landbrug & Fødevarer, n/d).

3.2. Proteiningrediensmarkedet globalt

Ifølge Visiongain (2015) vil efterspørgslen efter proteiningredienser i Europa og Nordamerika udvikle sig som en øget efterspørgsel primært efter plantebaseret proteinstof, mens Asien-Stillehavsregionen vil se en øget efterspørgsel primært efter animalsk proteinstof. Figur 3.1.1 viser

den forventede udvikling i den globale efterspørgsel efter proteiningredienser. Figuren viser også markedet for såkaldt tekstureret vegetabilsk protein, som oftest henviser til køderstatninger baseret på sojaprotein. Ifølge Grand View Researchs (2018) seneste markedsrapport vil det globale marked for proteiningredienser stige årligt med gennemsnitligt 7,4 pct. frem mod en samlet markedsværdi på 48,8 mia. USD i 2025. Dette svarer til, at det globale marked i dag har en værdi på ca. 29,5 mia. USD. Det er hovedsageligt efterspørgslen efter funktionelle fødevarer og ernæringstilskud, der driver markedet, men også forbedrede foderstoffer til animalsk produktion er en faktor.

Figur 3.2.1 Det globale marked for proteiningredienser og TVP (tekstureret vegetabilsk protein) undermarkedet (mia. $) 2015-2025

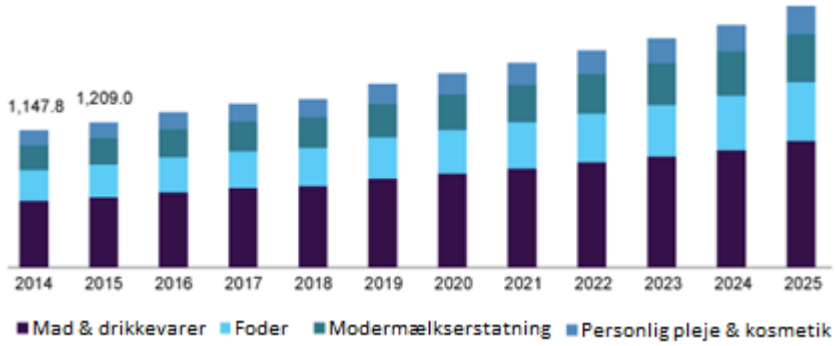


Kilde: Visiongain (2015)

TVP er et sojaprodukt, som har et lavt fedtindhold og højt indhold af fiber og protein. TVP er produceret af affedtet sojamel (sojaskrå), som er et biprodukt ved produktionen af sojaolie. Figur 3.2.2 viser udviklingen for det nordamerikanske marked i mængder, fordelt på forskellige typer af sektorer, hvori proteiningredienserne bruges[2], og kan i en vis grad bruges som proxy for proteiningrediensmarkedet for OECD-landene. Markedet stiger støt inden for de fire givne industrier i) fødevarer og drikke, som på nuværende tidspunkt og fremover er det største marked, ii) foderstoffer, iii) babymad, iv) personlig hygiejne og kosmetik.

[2] Fælles for de nyere markedsrapporter for proteiningredienser er en salgspris på +5.000 kr., hvorfor der i dette notat kun kan henvises til udvalgte figurer og tal, uden alle informationer tilknyttet. Figurerne og estimater giver dog et billede af det nuværende og fremtidige marked for proteiningredienser.

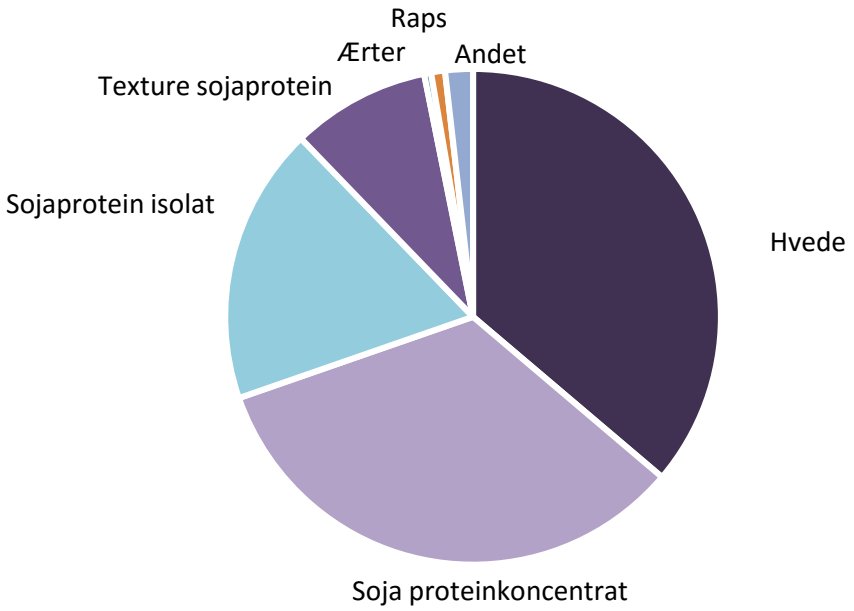
Figur: 3.2.2 Markedsvolumen (kilotons) for proteiningredienser i USA for 2014-2025



Kilde: Grand View Research (2018)

På verdensplan stod proteiningredienser med animalsk oprindelse (fisk, mælk, kød, æg og animalsk gelatine) for 72 pct. af markedet i 2016, estimeret til ca. 18,5 mia. USD ved brug af markedsværdi og vækstrater givet af Grand View Research (2018). Nedenstående figur 3.2.3 viser det resterende marked, som planteproteiner står for. Her ses sojaproteinets dominans med en samlet andel af planteproteiner på over 60 pct., hvilket skyldes, at sojaproteinet (og afledte typer af ingredienser) har en meget bred anvendelse. Hvedeprotein har godt 30 pct. af markedet af planteproteiner.

Figur 3.2.3 Globale markedsvolumener for plantebaserede proteiningredienser, 2015 (pct.)



Kilde: Grand View Research (2018)

3.3 Proteiningrediensmarkedet i Danmark

Også i Danmark ses en positiv udvikling i fødevare- og foderingredienssektoren. I Landbrug & Fødevarers (n/d) økonomiske analyse af emnet ses udviklingen i form af en stigning i omsætningen på 7,8 pct. fra 2008 til 2013, mens sektorens overskud er steget med 71,5 pct. Også sektorens eksport har nydt godt af den positive udvikling og er siden 2008 steget med 23 pct. Ifølge DTU's sektorudviklingsrapport (DTU et al., 2016) producerede danske virksomheder i 2014 ingredienser til en samlet omsætning på ca. 35 mia. kr., svarende til en andel på ca. 14 pct. af verdensmarkedet. Disse tal er dog for den samlede ingredienssektor, som ud over proteiningredienser også producerer fx emulgatorer, kulturer, farvestoffer, sødemidler, stivelse, vitaminer, konserveringsmidler, enzymer og smagstilsætninger. Proteiningrediensbranchen alene havde i 2014 en omsætning på 4,15 mia. kr., mens bioingredienser (enzymer, kulturer, probiotika, vitaminer m.m.) var den største ingrediensbranche med en omsætning på 22,7 mia. kr. (DI Fødevarer, 2015).

Ifølge DI Fødevarer (2015) er der fire store aktører inden for den danske produktion af proteiningredienser: Essentia Protein Solutions, Scanflavour, Arla Foods Ingredients, DC Ingredients. Arla Foods Ingredients and DC Ingredients producerer, ikke overraskende, proteiningredienser baseret på hhv. valle fra mejeriindustrien og produkter fra slagteriindustrien. Essentia Protein Solutions og Scanflavour bruger ligeledes produkter fra slagteriindustrien, og dermed er langt størstedelen af de dansk producerede proteiningredienser baseret på animalske produkter. KMC, der er bedst kendt for produktion af kartoffelstivelse, er nu begyndt at se på udvikling af kartoffelprotein baseret på de omfattende mængder af restproteiner i spildevandet fra kartoffelstivelseproduktionen (se også afsnit 4.5 i dette notat). Dermed kan plantebaserede proteiningredienser blive en ny gren på proteiningrediensproduktionen i Danmark.

Fælles for de danske proteiningrediensproducenter, inkl. KMC, er brug af råvarer, der fortrinsvis kommer fra danske (og til dels europæiske) primære producenter; kun Scanflavour sourcer globalt. Derudover eksporteres langt størstedelen af produktionen, og her er det Asien og især Kina, der driver væksten i markedet (DI Fødevarer, 2015).

På grund af den store eksport er det også de gængse globale efterspørgselstrends, der påvirker det danske marked, såsom en generel befolkningstilvækst, stigende middelklasse med mulighed for at købe forædlede fødevarer og en generel efterspørgsel efter funktionelle fødevarer. Her spiller proteiningredienser en vigtig rolle, da de kan bruges til en lang række formål til forbedring af fødevarer, bl.a. til forbedret næringsindhold og -kvalitet. Den danske fødevare- og foderingredienssektor har et stort potentiale for at levere nogle af de specielt tilpassede produkter ikke bare i Danmark, men også på verdensplan. Også foder til husdyrproduktion kan forbedres i kvalitet og effekt ved hjælp af ingredienser, og en stigende efterspørgsel vil derfor gavne danske producenter, da Danmark er langt fremme, hvad angår udviklingen af foderingredienser og alternative proteinkilder.

4. Datablade for potentielle nye proteinkilder til foder og fødevarer

I det følgende er vist nøgleparametre for potentielle nye proteinkilder til foderbrug eller som fødevarer. For hvert produkt er skitseret rationalet for at overveje denne nye proteinkilde, hvor moden teknologien er, hvad produktionspotentialet er i Danmark under de givne forudsætninger, anvendelsesmulighederne, herunder til eksport, samt, hvor det er muligt, de forventede klima- og miljøeffekter og barrierer for en evt. implementering.

For foderproteiner er det valgt at dele de forskellige nye mulige foderproteinkilder op i kilder, der 'dyrkes' på land (grøn biomasse) eller vand (blå biomasse), og proteinkilder, der syntetiseres ved hjælp mikroorganismer eller insekter i industriel skala ud fra forskellige restprodukter. Med de beskrevne nye kilder i det følgende vil det være muligt at dække behovet for protein til Danmarks nuværende animalske produktion. For de industrielt fremstillede produkter og ved bioraffineringen af græs vil der samtidig produceres en sidestrøm, der kan udnyttes til bl.a. energiformål.

For fødevarer er der set på potentialet i at udnytte proteinholdige sidestrømme til opgradering til human ernæring. Forbilledet er valleprotein. Det er et eksempel på en opgradering af et biprodukt, som tidligere blev brugt til foder, til et højværdiprodukt til human ernæring. Danmark Protein håndterer således ca. 5 mio. tons valle årligt – hele den danske produktion af valle – svarende til en proteinmængde på ca. 35 mio. kg (Arla, 2017). Valleproteinerne udnyttes til valleprotein-koncentrat og -isolat samt specialproteiner til almindelige fødevareprodukter og helse- og ernæringsbranchen. Valleproteinerne bruges som emulgatorer, stabilisatorer og vandbindingsmidler, og deres funktionelle fordele gavner dermed en lang række fødevareprodukter, lige fra flødeis, yoghurt, brød, kager og til dressinger og færdigretter. Som følge af disse egenskaber har produktet en høj værdi – i størrelsesordenen 2 USD pr. kg indeholdende 34 pct. protein.

I det følgende er vurderet sidestrømme fra slagterier (blod), fra kartoffelmelsfabrikation samt fra korn og frø til human ernæring som et middel til at opnå nye højværdi-proteinkilder med funktionelle egenskaber. Det er således ikke 'nye' proteiner, da den nuværende anvendelse er til foder med godt resultat. Men ud fra et proteinforsyningssynspunkt ligger det mere ligefor at fremskaffe nye foderproteiner og så opgradere andre proteiner, der ud fra et hygiejnisk og fødevaresikkerheds-synspunkt allerede er af en kvalitet, der kan bruges til human ernæring. De anførte mængder kan sammenlignes med danskernes indtag af proteiner på ca. 143.000 tons pr. år. Omvendt vil de fremstillede proteinprodukter ikke være begrænset til Danmark, men i høj grad være produkter, der er velegnede til eksport. Vi har ikke kendskab til økonomiske analyser af disse fødevareproteiners konkurrenceevne, men man må forstille sig, at en høj forventet værdi (jf. valleproteinkoncentrat) har været en motivation for de involverede firmaer i at engagere sig i udviklingsarbejdet.

Under hver beskrivelse er anført de relevante kilder, som danner grundlag for oplysningerne, da beskrivelsen er opbygget som en syntese af forskellige kilder, og det således ikke er muligt at knytte en reference til hvert udsagn. De fulde referencer findes i den samlede referenceliste. Ligeledes er anført de relevante ressourcepersoner, der har medvirket ved udarbejdelsen bl.a. på baggrund af deres medvirken ved forsknings -og udviklingsaktiviteter på området.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at de efterfølgende eksempler ikke er en udtømmende liste over muligheder for at producere protein ud fra sidestrømme. De nævnte sidestrømme kan udnyttes på andre måder, og der er andre sidestrømme, der kan komme i spil. Fx kan der produceres gærsvampe fra træbiomasse eller andre industrielle sidestrømme, hvor gærfløden kan være en værdifuld proteinkilde til foder eller som ingrediens i fødevarer, og dele af husholdningsaffaldet kan danne grundlag for produktion af spiselige svampe. Der er i Danmark stor viden om de industrielle processer vedr. produktion af gær og svampe.

I ovennævnte er heller ikke medtaget husdyrgødning. Ca. 20-25 pct. af foderets organiske stof udnyttes ikke af dyrene. Derfor produceres der i Danmark ca. 1.900.000 tons tørstof i husdyrgødning årligt, der er rigt på kvælstof og fosfor. Der er en række foder- og fødevaresikkerhedshensyn forbundet med at overveje husdyrgødning som grundlag for proteinproduktion, som p.t. ikke er afklarede, og derfor er denne ressource ikke belyst yderligere. Ikke desto mindre kunne denne ressource måske med den rette teknologi vedr. hygiejne og andre risikofaktorer danne grundlag for produktion af insektprotein. Antages samme effektivitet som anslået for husholdningsaffald, ville husdyrgødning repræsentere et endog meget stort potentiale for proteinproduktion i størrelsesordenen 140.000 tons protein årligt.

Den økonomiske værdi af de enkelte proteinkilder vil afhænge af deres anvendelsesmuligheder og vil forandres i takt med, at produktions- og forædlingsprocesserne bliver videreudviklet. Da flere af produktionsområderne stadig befinder sig på forsøgsskala eller endnu ikke er opskaleret vil det være misvisende at foretage eksakte værdisammenligninger på det nuværende grundlag. Ud fra den bestående viden og med skøn for et fremtidigt potentiale er det dog muligt at vurdere enhedsværdien af proteinindholdet med sojaprotein som sammenligningsgrundlag, jf. tabel 5.1.1. Man skal også være opmærksom på, at de beskrevne proteinkilder vil blive anvendt i blandinger til foderformål.

Tabel 4: Skøn over værdien af proteinhold – set i forhold til sojaprotein

	Type	+/- i.f.t. sojaprotein
Grøn biomasse	Raffinering af græs og græsmarksbælgplanter	+/-
	Hestebønner	--
Blå biomasse	Tang (sukkertang)	-
	Muslinger	+
	Søstjerner	+
Mikrobielt protein og insektprotein	Mikroalger	+/-
	Insekter	+
	Single cell	+
Sidestrømme, animalske produkter	Blod	**+**
Sidestrømme, vegetabilske produkter	Kartoffelprotein	+++
	Korn og frø	-

Note: + angiver en skønnet enhedsværdi af det pågældende protein > tilsvarende værdi hos sojaprotein. Tilsvarende angiver - en skønnet lavere værdi. (Egne skøn baseret på de eksisterende studier).

4.1 Grøn biomasse

I dette afsnit betragtes proteiner dels fra raffinering af græs og græsmarksbælgplanter og dels fra hestebønner.

4.1.1 Proteiner fra raffinering af græs- og græsmarksbælgplanter

(John E. Hermansen)

Rationale/idegrundlag

Der kan opnås høje udbytter af protein i græs og græsmarksbælgplanter i Danmark – i størrelses-ordenen 2,5 tons protein pr. ha for stærkt gødet græs, hvilket er væsentligt mere end af andre proteinafgrøder, og af størrelsesordenen 1,5 tons protein pr. ha ved økologisk produktion. Proteinet er imidlertid ikke direkte tilgængeligt for énmavede husdyr. Ved en bioraffineringsproces kan der udvindes en højværdi-proteinfraktion, der indeholder ca. 40 pct. af proteinet, og som er direkte anvendelig som proteintilskud til énmavede husdyr. Samtidig produceres en fiberfraktion, der kan anvendes til foder til kvæg eller udnyttes til energiproduktion. En mindre del af den udvundne proteinfraktion kan ved yderligere raffinering bruges til fremstilling af proteiner til human konsum.

Teknologiens modenhed

Teknologien til fremstilling af foderprotein er i pilotfasen, og det mangler at blive vist i kommerciel skala, at der kan opnås den ønskede proteinkoncentration og -kvalitet, som der er opnået i laboratorieskala. Der arbejdes i laboratorieskala med at oprense proteinet til human brug, så proteinet kan modstå oxidation og uden uønsket farve, men der er behov for meget mere teknologiudvikling, før det kan anses som en kommerciel mulighed.

Produktionspotentiale DK

Der er et betydeligt produktionspotentiale i løbet af få år. Det er estimeret, at der kan inkluderes 200.000 ha i Jylland på bekostning af korn og tilsvarende på Øerne. I Jylland kan fiberfraktionen hensigtsmæssigt udnyttes til kvægfoder, mens den på Øerne evt. kan udnyttes til energiproduktion. På 200.000 ha udgør potentialet fra 0,3 til 0,6 mio. tons proteinfoder (sojaskråækvivalenter) afhængig af afgrødetype eller svarende til gennemsnitlig 30 pct. af dansk import af proteinfoder.

Anvendelsesmuligheder

Det producerede foderprotein må betragtes som en bulkvare, der skal konkurrere med andet proteinfoder. Det kan dog klassificeres som non-GMO og derfor opfylde særlige markedsbehov for produktion af non-GMO konventionelle fødevarer. Ligeledes kan det umiddelbart produceres økologisk med udgangspunkt i økologiske afgrøder, men det begrænser de tekniske valgmuligheder for udfældningen af proteinet. Aminosyresammensætningen er god i forhold til husdyrenes behov, men der mangler egentlige fodringsforsøg, der kan afklare de praktiske anvendelsesmuligheder. Bl.a. kan indholdet af umættet fedt være for højt til, at fodermidlet kan indgå som eneste proteinfodermiddel. Proteinfoderet produceres i sæson, men det kan/skal tørres og derved være lagerfast og bruges hele året.

Eksportpotentiale

Eksportpotentialet knytter sig især til en økologisk produktion, hvor der på europæisk plan er mangel på økologisk proteinfoder. Det er vurderet, at 40.000 ha økologisk kløvergræs kunne bruges til

formålet svarende til en produktion på 56.000 tons proteinfoder. Af disse udgør det danske behov ca. 18.000 tons, hvilket giver plads til en eksport på 38.000 tons proteinfoder.

Klima- og miljøeffekter

Dyrkning af græs frem for korn betyder en væsentlig reduktion af nitratudvaskningen fra landbrugsjorden – af størrelsesordenen 30-50 kg N pr. ha – samt reduceret forbrug af pesticider. Hertil kommer en reduktion i udledningen af drivhusgas på 1-2 ton CO_2-eq pr. ha, når ændringer i jordens kulstof medtages. Der er netop lavet en scenarieanalyse vedr. potentialet i at udnytte bioraffinering af græs til at opnå de opstillede reduktionsmål for N-udledning til Limfjorden. Græsproduktionen foregik enten ved stærkt N-gødet græs eller som økologisk kløvergræs, og ved raffineringen blev der dels produceret en proteinfraktion som tilskudsfoder og dels en fiberfraktion til kvægfoder. I tilknytning til det betragtede limfjordsopland på 169.000 ha var der tilknyttet et reduktionsmål på 977 tons N pr. år, der udledes til Limfjorden. Resultatet viste, at der for at opnå den ønskede effekt på udledningen af N til Limfjorden – i forhold til den nuværende arealanvendelse – skulle ske omkring en fordobling af det nuværende græsareal (lidt mere for stærkt N-gødet græs og lidt mindre for økologisk kløvergræs) på bekostning af især korn og majsarealer. Der skulle således omlægges henholdsvis 22 og 16 pct. af landbrugsarealet for at opnå de ønskede effekter. De økonomiske konsekvenser for landmændene ved denne omlægning var generelt negative med de anvendte forudsætninger, hvis det producerede protein skulle konkurrere med konventionelt dyrkede eller non-GM sojaprotein, udløsende et tab på mellem 0 og 1.500 kr. pr. ha afhængig af driftstype, lavest for økologiske malkekvægsbedrifter.

Barrierer

Den væsentligste barriere lige nu er manglen på dokumenteret effektivitet i stor skala og manglen på dokumenteret foderværdi af proteinproduktet og dermed usikkerhed om den økonomiske konkurrenceevne. Produktionen i bioraffinaderiet et dokumenteret i pilotskala, høst og transport af græsset udgør omkring halvdelen af de samlede bruttoomkostninger, og der er her tale om anvendelse af kendt teknologi, der løbende bliver optimeret i forbindelse med høst af græs til grovfoder. Foreløbige modelberegninger tyder på, at det producerede protein vil være konkurrencedygtigt over for økologisk producerede sojaprodukter, tæt på at være konkurrencedygtigt over for non-GM soja og ikke umiddelbart konkurrencedygtigt over for traditionel sojaskrå.

Kilder

Hermansen et al (2017a); Jensen og Gylling (2018).

4.1.2 Hestebønner – forbedrede sorter

(Søren Krogh Jensen, Lisbeth Mogensen)

Rationale/idegrundlag

Hestebønner er i sig selv en velafprøvet proteinrig afgrøde med 26-28 pct. protein i bønnerne, der generelt anses for at have en god foderværdi til svin og fjerkræ. SEGES anbefaler, at det kan indgå med op til 10 pct. i foderblandingen til svin. En højere andel vil kræve, at der anvendes sorter med lavere indhold af anti-nutritionelle faktorer end de gængse sorter. Hestebønner er samtidig kvælstoffikserende og behøver derfor ikke tilførsel af kvælstofgødning. Problemstillingen med hestebønner i Danmark er imidlertid, at udbyttet og proteinindholdet har været for svingende, og at høsttidspunktet somme tider er så sent, at det bliver svært at bjærge afgrøden. Ikke desto mindre var det estimerede areal i 2017 på 15.000 ha. I projektet NORFAB arbejdes på at udvikle og anvende nye ambitiøse genom-baserede forædlingsmetoder til at understøtte forædling af nye sorter med bedre udbytte, indhold og kvalitet med udgangspunkt i allerede eksisterende sorter.

Teknologiens modenhed

Det vurderes, at der kan opnås forbedringer både ved de eksisterende forædlingsmetoder og ved de nye metoder, der vil kunne implementeres gradvist uden egentlige teknologiske forhindringer.

Produktionspotentiale DK

I det igangværende projekt NORFAB er det vurderet, at et realistisk mål – forudsat vellykkede resultater af projektet – vil være en udbredelse i størrelsesordenen 100.000 ha med hestebønner på bekostning af korn. Ved et praksisudbytte på 60 hkg pr. ha og 28 pct. protein i bønnerne betyder det et bidrag på ca. 170 mio. kg protein på længere sigt på bekostning af 60 mio. kg protein i korn, eller en nettoforøgelse på 110 mio. kg protein. Afhængig af succesen med forædlingen vil produktionen også kunne forøges på kort sigt.

Anvendelsesmuligheder

Aminosyreprofilen i hestebønner er ikke så gunstig som i sojaprotein i forhold til husdyrenes behov. Mens det relative indhold af lysin er sammenligneligt med soja, er indholdet af methionin væsentligt lavere. SEGES anbefaler, at det kan indgå med op til 10 pct. i foderblandingen til svin. Med yderligere forædling resulterende i et lavere indhold af anti-nutritionelle faktorer end i de gængse sorter, vurderes det at betyde, at andelen kan fordobles, sådan at hestebønner måske kan indgå som eneste proteinkilde, dog suppleret med syntetiske aminosyrer. Hertil kommer et potentiale i kvægfodringen, ikke mindst i den økologiske produktion. Forsøg har her vist, at hestebønner kan indgå med op til 2-3 kg tørstof pr. dag ubehandlet og i endnu højere andel, såfremt de varmebehandles til forøgelse af proteinværdien.

Eksportpotentiale

Vurderes ikke at udgøre et særligt eksportpotentiale.

Klima- og miljøeffekter

Hestebønner vil antagelig erstatte korn i dyrkningen. Det betyder typisk en lidt lavere biomasse- og energiproduktion, men en højere proteinproduktion. Der forventes en lavere udledning af drivhusgasser svarende til 1,5-2,0 t CO_2-eq pr. ha hestebønner i forhold til korn. Effekten på N-

udvaskningen er usikker. Med de nuværende typer bælgplanter, herunder hestebønner, forventes en lidt større udvaskning end ved korn, da der efterlades meget N-holdig biomasse med lavt C/N-forhold efter høst, men ved højere og mere stabile udbytteniveauer og en tidligere høst, der muliggør en effektiv etablering af efterafgrøde, vil dette måske ændres.

Barrierer

Det afgørende er, at der kan opnås de tekniske forbedringer i forhold til udbytte, kvalitet og dyrkningssikkerhed som stipuleret i det igangværende projekt.

Kilder

Heilesen (2016); Mogensen et al. (2010).

4.2 Blå biomasse

I dette afsnit betragtes proteiner fra tang, fra muslinger og fra søstjerner.

4.2.1 Proteiner fra tang

(Annette Bruhn, Marianne Thomsen og Susse Wegeberg)

Rationale/idegrundlag

Tang (makroalger) er en betegnelse, der dækker over tre hovedgrupper af organismer: Brunalger, grønalger og rødalger. Proteinindholdet i tang varierer mellem 3 og 47 pct. af tørstof og afhænger af art og høsttidspunkt. Tang kan enten 1) dyrkes på liner i havet eller i landbaseret akvakultur og herefter høstes; 2) høstes fra naturlige forekomster, eller 3) opsamles som opskyl på kysten. Dyrkning af store brunalger som sukkertang er relevant i både kystnære egne og mere åbne havområder i Danmark og Grønland, hvorimod høst af brunalger fra naturlige forekomster primært er relevant for Grønland, der har store kystnære forekomster af kommercielt egnede arter. Høst af opportunistiske makroalger som søsalat er også relevant i danske fjordområder med høj næringsbelastning. Høsttidspunktet er sæsonbestemt. For lagerstabilisering, kan tangen enten tørres og pelleteres eller formales efter høst, eller den kan ensileres.

Teknologiens modenhed

Globalt produceres årligt omkring 29 mio. tons tang, heraf over 99 pct. i Asien. Tangproduktionen i Danmark udgøres p.t. af dyrkning af sukkertang på liner i havet. Denne teknologi er baseret på principper fra Asien og kræver en øget grad af mekanisering for at være økonomisk rentabel under europæiske forhold. Nye dyrkningsmetoder med øget mekanisering og på alternative substrater er under udvikling i Danmark og Europa, bl.a. i projekterne Macrofules (H2020) og MAB4 (Innovationsfonden).

Teknologi til tørring er som for grøn biomasse med højt vandindhold, og pelletering af tørret, formalet tang fungerer uproblematisk. Teknologi til ensilering er under udvikling og optimering i forhold til processer for grøn biomasse. Teknologi til proteinekstraktion er under udvikling, og flere bioraffineringstilgange har positive resultater – bl.a. opkoncentrering af protein (×2,7) ved fjernelse af fermenterbare kulhydrater ved fermentering til bioethanol.

Produktionspotentiale DK

Der er i Danmark i dag en mindre produktion af sukkertang til fødevarer på op til 10 tons tang om året. Økologisk certificering er mulig. På Færøerne produceres 32 tons pr. år. I 2016 var der tilladelser til 7 dyrkningsanlæg i Danmark. Det største anlæg til tangproduktion i Danmark findes p.t. hos Hjarnø Havbrug i Horsens Fjord, hvor 100 ha er dedikeret til tangproduktion. I Danmark er der med den eksisterende umodne dyrkningsteknologi demonstreret en produktion på 2-7 tons frisk tang pr. ha dyrkningsområde. Hvis det samlede eksisterende dyrkningsareal udlagt til tangdyrkning på kort sigt udnyttes til fulde, vil det svare til en mulig produktion på 300-1.100 tons tang pr. år. Udbyttet forventes på mellemlang sigt at kunne øges med en faktor 5 gennem modning af dyrkningsteknologi, selektiv avl og målrettet placering af dyrkningsanlæg. Antages væksten inden for dyrkning af tang i Danmark samtidig at afspejle den globale trend på en fem pct. årlig vækst, forventes i 2025 en produktion på 2.200-8.100 tons frisk tang. Produktionen er skalérbar med antallet af

produktionsanlæg. Omfanget vil typisk begrænses af mulighed for tilladelser, herunder hensyn til interessenter med aktiviteter ved eller i de indre farvande. Ved modning af teknologier til produktion og forarbejdning til protein og højværdistoffer, samt dokumentation for positive miljøeffekter, vil langt større havarealer end de nuværende knap 800 ha, der ligger til grund for overstående udregninger, kunne udlægges til dyrkning, og produktionspotentialet således øges tilsvarende.

Antages et konservativt estimat på baggrund af nuværende data på 10 pct. tørstof og heraf 15 pct. protein, kan produktionen af tangmel og tangprotein fra sukkertang på kort sigt estimeres til 30-110 tons tangmel pr. år og 5-17 tons tangprotein pr. år, og på mellemlang sigt til 222-813 tons tangmel pr. år og 33-122 tons tangprotein pr. år. Potentialet for at høste og udnytte proteinfraktionen fra søsalat fra næringsrige fjordområder er p.t. ikke beregnet.

Anvendelsesmuligheder

Dyrket tang anvendes primært til fødevarer, men kan anvendes til foder til dyr – svin, kvæg, fisk. Protein i tang har en fordelagtig aminosyresammensætning med bl.a. et relativt højt indhold af svovlholdige aminosyrer. Fordøjeligheden af tangprotein i kvæg varierer mellem 31 og 91 pct. (in-vitro) afhængig af art og sæson. Ud over protein indeholder tang essentielle mineraler, bioaktive polysakkarider, der har en potentiel præbiotisk effekt, samt stoffer, der inhiberer metanproduktion hos drøvtyggere. Fedtprocenten i tang er lav, men sammensætningen af fedtsyrer er fordelagtig, bl.a. i kraft af en høj andel af omega-3 fedtsyrer. Potentialet for at udnytte tangbiomasse til flere produkter via bioraffinering undersøges i flere forskningsprojekter og er p.t. dokumenteret for fx opkoncentrering af protein (×2,7) ved ethanolproduktion fra brunalger og en efterfølgende udvinding af ulvan, salt og protein fra søsalat.

Eksportpotentiale

Den europæiske efterspørgsel på tang som fødevare ligger på 7.000 tons tørvægt pr. år, og markedsprisen ligger omkring 10.040-38.310 EUR pr. ton tørstof. Efterspørgslen efter tang som fodersupplement ligger på 30.000 tons tørvægt pr. år. Der vil være stort potentiale inden for økologisk foder. Den total europæiske markedsefterspørgsel på tangbaserede produkter er estimeret til 400.000 tons tørvægt pr. år. Dette tal inkluderer også højværdiprodukter som laminarin, alginat, mannitol og fucoidan. Bioraffineringsprocesser til samproduktion af disse højværdiprodukter og protein undersøges i MAB4-projektet.

Klima- og miljøeffekter

Tang optager N og P fra det omgivende vand, og dyrkning og høst af tang kan således fungere som et instrument til at nedbringe næringsbelastning og øge vandets klarhed i marine områder. Tangdyrkning er således et af de såkaldte ”marine virkemidler”, hvis effekt i øjeblikket dokumenteres som instrument til målopfyldelse af Vandrammedirektivets krav til god miljøtilstand i marine områder. Ved et gennemsnitligt indhold af N og P på 3 pct. N og 0,5 pct. P vil den estimerede danske tangproduktion på de nuværende arealer (som skitseret ovenfor) årligt på kort og mellemlang sigt kunne optage henholdsvis 1-3,3 tons N og 200-600 kg P, og 7-24,4 tons N og 1-4 tons P. Herudover bidrager tangproduktion på samme måde som naturlige tangskove positivt til miljøet gennem produktion af ilt, sænkning af pH i havvandet, øget biodiversitet og kystbeskyttelse. Da dyrkning og

høst af tang fjerner N og P fra vandmiljøet, kan producenterne tildeles en kompensation for denne miljøeffekt. Herved opnås mere stabil produktion og markeder.

Barrierer

Teknologiudvikling inden for forædling, produktionsteknologi, høst og lagring er nødvendig for rentabilitet. Flere danske og europæiske forskningsprojekter har taget hul på udviklingen, men fortsat målrettet forskning og udvikling er essentiel. Højt indhold af mineraler vanskeliggør iblanding af tangmel i foder, og indhold af arsen og jod i brunalger overskrider i visse tilfælde EU's grænseværdier for foder. Bioraffinering og optimeret proteinekstraktion forventes at bidrage til løsning på denne udfordring og således fremme udviklingen af konkurrencedygtigt tangprotein, også med potentiale som proteiningrediens. Udpegning af velegnede dyrkningsområder med rette fysisk/kemiske/biologiske forhold skal koordineres med øvrige marine aktiviteter.

Kilder

Bruhn et al. (2016); Duarte et al. (2017); Fleurence, J. (1999); Gregersen & Bak (2018); Hou et al. (2015); Makkar et al. (2016); Marinho et al. (2015); Petersen et al. (2016); Seghetta et al. (2016); Tayyab et al. (2016); Timmermann (2016).

4.2.2 Proteiner fra muslinger

(Jan Værum Nørgaard, Berit Hasler)

Rationale/idegrundlag

Blåmuslinger dyrkes på liner i fjorde med høj næringsstofkoncentration. Muslinger filtrerer vandet for alger, der har akkumuleret N og P. For at opnå en signifikant miljøeffekt skal muslingerne dyrkes og høstes i så store mængder, at det overstiger markedet for human konsum. Muslingerne kan tørres og formales til muslingemel, der har et næringsstofindhold, der vil være passende for fodring til svin og fjerkræ.

Teknologiens modenhed

Der er i dag ingen produktion af linemuslinger til foder. Produktionsanlæg til linemuslinger findes på markedet, men skal optimeres til ændret brug. Den største udfordring er høst, afskalning og tørring af de friske muslinger til tørt muslingemel.

Produktionspotentiale DK

Produktionen er skalerbar med antallet af produktionsanlæg. Omfanget vil typisk begrænses af hensyn til interessenter med aktiviteter ved eller i de indre farvande.

Estimater fra DTU Aqua lyder på en produktion på 100.000 tons pr. år. Blå Biomasse A/S, der ejes blandt andet af Hedeselskabet, er i gang med investeringer, der muliggør produktion af 50.000 tons pr. år.

Ved en produktion på 100.000 tons med 25 pct. tørstof og heraf 50 pct. skaller kan produktionen af muslingemel estimeres til 12.500 tons pr. år.

Anvendelsesmuligheder

Muslingemel fra opdrættede muslinger vil være egnet som fodermiddel til smågrise, kyllinger, æglæggere, fisk og kæledyr. Disse dyr, og særligt hvis de er økologisk opdrættede, efterspørger proteinkilder med høj fordøjelighed og god aminosyresammensætning, hvilket muslingemel vil have sammenlignet med vegetabilske fodermidler. Muslingemel er i forsøg vist at kunne erstatte fiskemel i svine- og fjerkræfoder. Akvakulturen aftager langt størstedelen af det producerede fiskemel, og den samlede danske potentielle produktion af muslingemel (uden skaller) vil kunne afsættes alene til denne produktion. Muslingemelet vil således kunne afsættes, og der vil kunne udvikles et marked. Markedspotentialet afhænger af omkostningerne ved at producere muslingemel fra muslingerne sammenlignet med de alternative fodermidler og af potentialet for produktionen.

Eksportpotentiale

Der er efterspørgsel efter muslingemel fra udlandet, men det må antages, at det danske marked for fodermidler selv kan absorbere den fulde produktion af muslingemel. Lakseproduktionen i Norge er et oplagt eksportmarked.

Klima- og miljøeffekter

Der er store miljømæssige aspekter i muslingemel fra kompensationsopdrættede line-muslinger. Estimater fra DTU Aqua viser potentiale for fjernelse af 1.230 tons N og 57 tons P ved en produktion og høst af 100.000 tons friske muslinger.

Barrierer

Produktionsanlæg til line-muslinger findes på markedet, men skal optimeres til ændret brug. De største produktionsmæssige udfordringer er at undgå edderfuglenes fangst af muslingerne, høst, afskalning og tørring af de friske muslinger til tørt muslingemel. Dertil kommer at finde egnede produktionsområder med passende vanddybde, næringsstofkoncentration, saltindhold og ikke mindst konkurrence med rekreative formål, fiskeri og sejlads. I MuMiPro-forskningsprojektet viser foreløbige analyser, at kompensationsopdrættede muslinger kan produceres i Limfjorden, Mariagerfjord og i Horsens Fjord.

Markedspotentialet for muslingemel og andre produkter fra muslinger er usikkert, og markedet for muslinger til humant konsum har vist store udsving. Da muslingerne fjerner kvælstof fra vandmiljøet, hvis muslingerne høstes, kan producenterne tildeles en kompensation for denne miljøeffekt, fx ligesom landmænd modtager tilskud til de miljøvenlige foranstaltninger på land. Herved kan der også opnås mere stabil produktion og markeder. Disse forhold undersøges i MuMiPro-projektet.

Kilder

Afrose et al. (2016); Frost et al. (2015); Jönsson & Elwinger (2009); Jönsson et al. (2011); Nørgaard (2018); Nørgaard et al. (2015); Petersen et al. (2016); Wallenbeck et al. (2014).

4.2.3 Proteiner fra søstjerner

(Jan Værum Nørgaard)

Rationale/idegrundlag

Muslingefiskeriet er plaget af store forekomster af søstjerner. Problemet er størst for bundskrab-muslingefiskeriet, men er også væsentligt for line-producerede muslinger. Muslingeerhvervet har fået EU-godkendelse til fangst af søstjerner i områder med muslingeproduktion. Søstjernerne fanges med en relativ skånsom metode, der ikke ødelægger fjordenes bund, og fangsten kan målrettes søstjerner. Søstjernerne indeholder protein og fedt, der kan anvendes i husdyrfoder.

Teknologiens modenhed

Fangstredskaberne er tilgængelige, og dermed ligger udfordringen i at forarbejde søstjernerne til et produkt, der kan håndteres som fodermiddel. Ved Skive er en fabrik under projektering af Danish Marine Proteins ApS, hvor søstjernerne vil kunne tørres og formales.

Produktionspotentiale DK

Der vurderes at være et potentiale på 8.000-15.000 tons pr. år fra Limfjorden. Årstidsvariationen i søstjernernes indhold peger på fangst i vinter-forår. Årstidsvariationen i næringsstofindhold giver udfordringer med hensyn til etablering af processeringsanlæg, hvis dette kun skal behandle søstjerner.

Søstjernemel med ca. 90 pct. tørstof er hovedproduktet. Efterspørgslen afhænger af kvalitet og pris, men er disse i orden, er markedets volumen ubegrænset. Ved 25 pct. tørstof giver 12.000 tons søstjerner 3.000 tons søstjernemel.

Anvendelsesmuligheder

Søstjernemel er oplagt som fjerkræfoder, da produktet foruden protein og fedt indeholder en del calcium, der bruges af hønen til dannelse af skal. Fodringsforsøg viser, at søstjernemel kan anvendes til smågrise i en koncentration på op til fem pct. For både fjerkræ og svin, vil søstjernemel kunne erstatte fiskemel. En årlig produktion af 3.000 tons tørt søstjernemel vil med lethed kunne afsættes som fodermiddel til danske svin og fjerkræ, såfremt prisen er konkurrencedygtig.

Eksportpotentiale

Der er efterspørgsel på søstjernemel fra udlandet, og det vil blot være et spørgsmål om prisen, hvorvidt søstjernemel vil gå til dansk foder eller udenlandsk foder.

Klima- og miljøeffekter

Søstjernernes indhold af N og P fjernes ved fangst. Ved fjernelse af 3.000 tons søstjernemel med 38 pct. råprotein vil der fjernes ca. 182 tons N fra Limfjorden. Tilsvarende fjernes 15 tons P fra Limfjorden ved 0,5 pct. P pr. kg tørstof.

Barrierer

For nuværende findes ingen dedikeret fabrik til at forarbejde søstjerner til tørt søstjernemel. Processen kan dog varetages af fiskemelsfabrikkerne, men produktionskapaciteten på fiskemelsfabrikkerne er så stor, og afhængigheden af sæson for fangst af industrifisk så stor, at det i praksis er vanskeligt at få tørret og formalet søstjerner på de eksisterende fabrikker.

Der vil være en klar fordel ved at etablere metoder til at hæve proteinindholdet ved at ekstrahere noget af aske/mineralindholdet ud, herunder kalcium, da det høje aske/kalcium-indhold begrænser brugen i foder til svin. En sådan proces skal kunne godkendes inden for de økologiske rammer.

Kilder
Afrose et al. (2016); Heide et al. (2018a); Heide et al. (2018a); Sørensen & Nørgaard (2016).

4.3 Proteiner fra mikroorganismer og insekter

I dette afsnit betragtes proteiner fra mikroalger, fra insekter og fra industriel bakterieproduktion.

4.3.1 Mikroalger

(Lars Jørgensen og Malene Fog Lihme Olsen (Teknologisk Institut), John E. Hermansen)

Rationale/idegrundlag

Den globalt øgede efterspørgsel efter foderprotein betyder inddragelse af nye arealer til dyrkning med negative konsekvenser for udledning af drivhusgasser og biodiversitet til følge. I modsætning hertil kan der opnås en meget høj biomasse- og proteinproduktion på et meget begrænset areal ved kultivering af mikroalger. Input til produktionen er CO_2 og næringsstoffer – herunder fra reststrømme. Kvælstofkilden kan fx være ammoniak fra staldventilation.

Mikroalger har generelt et meget højt indhold af protein, og forsøg med mikroalger til bioremediering har demonstreret biomasse med 47-57 pct. protein med en aminosyresammensætning svarende til soja. Dermed udnyttes halvdelen af biomassen direkte til det ønskede produkt. Demonstrationsforsøg i relativt simple, udendørs dyrkningssystemer i bl.a. Danmark og Holland har således opnået et proteinudbytte mellem 8-19 tons protein pr. ha pr. år (i hhv. åbne og lukkede dyrkningssystemer).

Mikroalgerne har også et højt indhold af polyumættede fedtsyrer, der som en sidestrøm er velegnet til biogasproduktion (eller kan udnyttes direkte som foder eller fødevarer rig på omega-3 fedtsyrer efter en yderligere raffinering).

Teknologiens modenhed

Teknologien er ikke udviklet til danske forhold eller med det primære formål som proteinproduktion. Globalt set produceres skønsmæssigt 5.000 tons tørvægt primært til anvendelse til udvinding af højværdi-metabolitter. Det anslås, at udvikling og validering fra demonstrationsanlæg til industriel pilotskala vil tage ca. fire år. Hertil kommer yderlige tre til fire år med opskalering og implementering af fuldskalateknologi. Teknologisk Institut har i samarbejde med Københavns Universitet og flere private virksomheder planlagt et projekt til udvikling af proteinproduktion med mikroalger ved brug af reststrømme fra biogassektoren. Projekt til udvikling til industriel pilotproduktion anslås at koste ca. 20-25 mio. kr. og implementering til fuldskala ca. yderligere 50 mio. kr.

Produktionspotentiale DK

Der er ikke en naturgiven produktionsbegrænsning. Algeproduktionen er kendetegnet ved en lang vækstsæson, men der vil dog være en årstidsvariation som følge af varierende solindstråling og temperatur. Dette kan til en vis grad modvirkes ved brug af overskudsvarme fra biogasproduktion og brug af tilskudslys.

Anvendelsesmuligheder

Råproteinindholdet varierer mellem forskellige typer mikroalger, men er typisk højere eller på niveau med sojaskrå. P.t. er mikroalgerne *Spirulina maxima* og *Spirulina platensis*; genus Chizochytrium registreret som foder eller foderingrediens (EU regulation 767/2009).

Aminosyresammensætningen er sammenlignelig med sojaprotein. Især er lysin- og methionin-indholdet, der typisk er de mest begrænsende aminosyrer for énmavede husdyr, relativt højt. Der er

generelt opnået gode resultater i fodringsforsøg, men tildelingen må afpasses efter sammensætningen. Det er foreslået, at anvendelse til énmavede dyr yderligere kan forbedres, hvis mikroalgerne behandles med enzymer. Mikroalger er typisk også rige på mineraler og vitaminer.

Eksportpotentiale
Eksportpotentialet må antages at være endog meget stort i betragtning af den betydelige import af protein, der er til EU, og den fokus, der er på eventuelle negative effekter af GMO og inddragelse af naturarealer i dyrkningen. Danmark vurderes dog ikke at have nogen naturlige komparative fordele ved denne produktion.

Klima- og miljøeffekter
Der foreligger ikke dokumenterede klima- og miljøeffekter, men det må forventes, at anvendelse af denne form for foderprotein frem for det nuværende forbrug af sojaskrå vil betyde en væsentlig klima- og biodiversitetsgevinst.

Barrierer
Teknologien til at høste mikroalgerne anses generelt for den største barriere. Der er dog peget på, at flokkulering efterfulgt af sedimentering er en omkostningseffektiv metode. En anden udfordring er risiko for forurening med toxinproducerende patogener.

Kilder
Grønt Center (2016); Lindberg (2016); Madeira et al (2017); Olsen & Karlson (2016); Weide et al. (2014).

4.3.2 Proteiner fra insekter

(Lars-Henrik Lau Heckmann (Teknologisk Institut), John E. Hermansen)

Rationale/idegrundlag

Insekter har en meget effektiv proteinsyntese, og der kan anvendes mange forskellige typer biomasse som foder til insekterne. Ideen er da at bruge organisk affald som foder og høste ormene som proteinfødevare eller proteinfoder gennem en opgradering af det organiske affald.

Teknologiens modenhed

Der er mange forskellige insekttyper, der har forskellige egenskaber i forhold til næringsværdi og krav til foder. For nogle typer foregår der i dag en kommerciel produktion af melorme. Det Sydafrikanske firma AgriProtein har udviklet en kommerciel produktion af insekt-baseret protein til foderbrug. Firmaet angiver, at de i 2016 etablerede verdens første industriskalaproduktion (i Cape Town) med en kapacitet på 100 tons organisk affald pr. dag resulterende i en produktion på 2.000 tons insektmel med over 50 pct. protein pr. år siden 2016. Ligeledes udvindes olie til foderbrug som en sidestrøm.

Gennem de seneste to-tre år er potentialet for produktion af protein fra insekter blevet undersøgt og vurderet af en række af vidensinstitutioner, myndigheder og virksomheder, også i Europa. Danmark er med i denne sammenhæng både i forhold til den forskning og udvikling, som pågår (se fx videnkonsortiet INFOOFEE), samt myndighedernes proaktive engagement i branchen. Derudover er der over det seneste år blevet etableret et erhvervsnetværk, Dansk Insektnetværk, som allerede tæller over 170 medlemmer, hvoraf de fleste medlemmer er virksomheder med fokus på enten produktion af insekter (råvaren) eller insektbaserede produkter. I forhold til sidstnævnte har flere af disse virksomheder allerede insektbaserede fødevareprodukter i detailhandlen. Der er igangværende nationale insektprojekter til vurdering af forskellige forretningsmodeller i forhold anvendelse af insekter som foder og fødevarer. Et af de mest toneangivne projekter i denne henseende er inVALUABLE støttet af Innovationsfonden. Projektet fokuserer på industriel produktion af melorm.

Produktionspotentiale DK

Der produceres årligt i størrelsesordenen 370.000 tons tørstof af organisk affald fra husholdninger og servicesektoren i Danmark. Et spor kunne være at anvende det organiske affald som næringsmedie til produktion af insekter. Efter høst af insekterne skal der også her ske en raffinering/oprensning af proteinet. Alt efter det ønskede slutprodukt vil der her være tale om forskellige processer og teknologi. Teknologisk Institut har på baggrund af pilot-produktionstests foretaget med Black Soldier Fly i MUDP-projektet WICE (WICE 2018) vurderet, at der på baggrund af 370.000 tons tørstof i organisk affald fra husholdnings- og servicesektoren kunne produceres ca. 55.000 tons insektproteinmel. Ydermere viser foreløbige analyser fra WICE-projektet, at insektgødningen (estimeret til 150.000 tons tørstof på baggrund af ovenstående mængde organisk affald) har et anseeligt biogaspotentiale, som vil kunne understøtte forretningsmodellen. Det skal dog bemærkes, at det på nuværende tidspunkt ikke er tilladt at anvende organisk affald til produktion af insekter, da de jf. EU-forordning 1069/2009 opfattes som opdrættede dyr. En lovmæssig ændring af dette, med henblik på at anvende insektproteinmelet til fx pelsdyrsfoder (mink) eller petfood, forventes at have en mellemlang tidshorisont. Fødevarestyrelsen samt EU Kommissionen arbejder med problemstillingen.

Anvendelsesmuligheder

Insektprotein kan afhængig af typer biomasse og procesteknologi bruges til både human ernæring og foder. Råproteinindholdet er typisk højere eller af samme størrelsesorden som i sojaskrå, men lysin er i den lave ende i forhold til svins behov til maksimal vækst. Endvidere er fedtindholdet for højt til, at det direkte kan anvendes som eneste proteinkilde. Det er vist, at *Hermetia illucens* puppemel og husflue (*Musca domestica*) puppemel kunne erstatte 25 pct. af fiskemelet i en foderblanding til regnbueørred. Ligeledes er *Hermetia illucens* puppemel undersøgt i forsøg med kyllinger og svin med godt resultat.

Eksportpotentiale

Forretningsområdet og markedet for insekter er stadig relativt lille, men der foregår allerede en meget kraftig stigning i omsætning fra år til år med >40 pct. årlig vækst globalt. Inden for de næste fem år forventes EU-markedet for insektbaserede fødevarer og foder at udgøre over 3 mia. kr. pr. år – og en lignende prognose er gældende for det nordamerikanske marked. Alene til akvakultur-branchen forventes globalt en afsætning på 1-3 mio. tons insektmel (60-75 pct. protein) over de næste 10-20 år. BIOMAR (Danmark) er en stor eksportør af fiskefoder.

Klima- og miljøeffekter

Det er svært at vurdere de miljømæssige konsekvenser af denne produktion på det foreliggende grundlag. Et væsentligt element vil være, at udnyttelse af denne hidtil uudnyttede ressource til at substituere foderprotein vil formindske presset på globale arealændringer og de dermed forbundne negative miljøpåvirkninger som tidligere beskrevet.

Barrierer

Teknologisk Institut estimerer, at industrielle anlæg til produktion af alm. melorm, lille melorm eller Black Soldier Fly på 10.000 tons niveau (vådvægt) arealmæssigt ligger omkring 5-10.000 m^2. Anlægsinvesteringen vil ligge på omkring 70-150 mio. kr., mens driftsomkostningerne er omkring 10-30 mio. kr. pr. år. Den årlige omsætning fra en insektproduktion (baseret på salg af insektmel) fra disse tre arter er vurderet til en værdi på mellem 20-100 mio. kr.

Kilder

AgriProtein (n/d); Danish Technological Institute (n/d); Dansk Insekt Netværk (n/d); INFOOFEE (n/d); Jóhannsson & Smárason (2016); Lindberg (2016); St-Hilaire et al. (2007); Teknologisk Institut (2018).

4.3.3 Single cell-bakterieproteiner

(Hanne Damgaard Poulsen)

Rationale/idegrundlag

Visse bakterier har den evne, at de kan vokse og danne biomasse, herunder protein, når deres vækstmedium består af en kulstofkilde, en kvælstofkilde og en passende mængde af andre nødvendige næringsstoffer som fx mineraler. For mange år siden er der udviklet en fermenteringsteknik, hvor kulstofkilden er metan, hvorved der kunne produceres bakterielt protein (single cell protein (SCP)) ved brug af metanofile bakterier. Der er gennemført adskillige dyreforsøg, som påviste god næringsværdi af SCP til fx fisk, fjerkræ, grise og mink. Produktionsomkostningernes størrelse gjorde, at SCP ikke var konkurrencedygtig i forhold til andre sammenlignelige proteinkilder med den oprindelige teknik. Derfor er der i Danmark i de senere år arbejdet med udvikling af en forbedret fermenteringsteknik, hvor kulstofkilden fortsat er metan (Unibio, n/d). Udviklingen af en mere effektiv fermenteringsteknik er således i fuld gang, ligesom der også er forskningsmæssige aktiviteter, der sigter mod at forbedre profil og indhold af aminosyrer mv. i SCP, således at den ernæringsmæssige værdi øges.

Teknologiens modenhed

Unibio åbnede i 2016 et produktionsanlæg i Kalundborg, og firmaet angiver, at i pilotskala kan der produceres 80 ton SCP pr. år (Unibio, n/d). Pt. vurderes teknikken fortsat at være under udvikling, men med den nye mere effektive fermenteringsteknik vurderes SCP (produceret af metanofile bakterier) at kunne bidrage til det fremtidige behov for protein regionalt og globalt.

Produktionspotentiale DK

Der er ikke umiddelbart en naturgiven begrænsning i produktionen, men for at sikre konkurrenceevnen skal fermenteringsprocessen være mere effektiv. Slutproduktet skal pt. tørres, hvilket er en af udfordringerne, der arbejdes med, ligesom ernæringskvaliteten ønskes forbedret. Da proteinsyntesen foregår i fermenteringstanke, er processen ikke årstidsafhængig, så produktionen kan ske året rundt.

Anvendelsesmuligheder

Det fremstillede protein har en meget høj renhed og proteinkoncentration (72,9 pct. beregnet som 6,25*N) og kan anvendes som erstatning for andet proteinfoder, fx sojaskrå i foderblandinger. Unibio angiver, at produktet produceret ved den tidligere, men ikke så effektive proces, er testet som foder til laks, kalve, svin, mink og fjerkræ med gode resultater.

I et større projekt ledet af Unibio og støttet af Innovationsfonden med deltagelse af Danmarks Tekniske Universitet, Aarhus Universitet, Syddansk Universitet og Vestjyllands Andel undersøges aktuelt, om aminosyreprofilen kan ændres ved valg af bakteriekultur og procesteknologi. Målet er at øge næringsværdien af det dannede SCP.

Eksportpotentiale

Det fremstillede protein skal konkurrere med alternative proteinkilder på verdensmarkedet, så eksportmulighederne afhænger af den økonomiske konkurrenceevne. Et særligt potentiale kunne

være proteiner til at dække markedet for non-GM og økologisk foderprotein, hvis produktionen og færdigbehandlingen af produktet kan honorere kravene, der stilles i forhold til økologisk foder.

Klima- og miljøeffekter

Den væsentligste effekt vil være, at der kan spares landbrugsareal, når produktionen fx erstatter sojaskrå. Mest oplagt er det nok at erstatte fiskemel med SCP, da proteinet p.t. har en sammensætning, der ligner fiskemel (Unibio, n/d). Kan produktionen udvikles til at blive baseret på restprodukter, kan klima- og miljøeffekten formentlig forbedres.

Barrierer

Aktuelt vurderes den største barriere at være konkurrenceevnen i forhold til andre proteinkilder, men med udviklingen af en mere effektiv fermenteringsproces forventes det, at konkurrenceevnen vil blive markant forbedret. Endvidere skal produktet oftest gennemgå en tørringsproces, som bl.a. er et fordyrende led i produktionskæden. Endvidere har forsøg vist, at indholdet af nukleinsyrer har været begrænsende for iblandingsprocenten af SCP i dyrefoder.

Kilder

Jóhannsson & Smárason (2016); Unibio (n/d).

4.4 Opgradering af sidestrømme fra animalske produkter til human ernæring

Dette afsnit omhandler blod fra slagterier

4.4.1 Blod fra slagterier

(Lisbeth Mogensen og John E. Hermansen)

Rationale/idegrundlag

Slagtning af kvæg og svin i Danmark svarer mængdemæssigt til i alt ca. 254.000 tons kvæg og 2.141.000 tons svin (levende vægt) pr. år. Blod fra denne mængde svarer til ca. 10.800 tons blod fra kvæg og ca. 71.000 tons blod fra svin. Blod er rigt på protein (ca. 18 pct. protein), samt jern med høj biotilgængelighed. Det vurderes, at ca. en tredjedel af svineblodet udnyttes i produkter til human ernæring, men hovedparten af såvel kvægblodet og de to tredjedele af svineblodet ender p.t. i en fraktion, der udnyttes til foder eller energiformål. En større udnyttelse heraf til human ernæring formodes at repræsentere en værditilvækst.

Teknologiens modenhed

Hygiejnisk opsamling af blod er en forudsætning for at kunne udnytte blodet til videreforarbejdning og anvendelse som fødevareingrediens. Dyrene bliver i slagteprocessen indledningsvist bedøvet, hvorefter de bliver stukket med en kniv i halspulsårerne for effektivt at afbløde. Hygiejnisk opsamling af blod foregår med en kniv tilkoblet en slange med vakuumsug, der sikrer, at blodet kan opsamles direkte fra halspulsåren uden at være i kontakt med andet end kniven. Der opsamles i dag blod fra en betydelig del af svineslagtningerne efter en teknologi, hvor batches af blod opsamles, afventer en dyrlægekontrol af slagtekroppene, og – hvis der ikke er hygiejne- eller sundhedsmæssige forhindringer herfor – udnyttes til en plasmafraktion og en hæmoglobinfraktion. Teknologien til en rationel opsamling af blod fra drøvtyggere er endnu ikke udviklet.

Produktionspotentiale DK

Der er p.t. ca. 58.000 tons blod (18 pct. protein), der ikke udnyttes i den humane ernæring.

Anvendelsesmuligheder

Blod bruges både direkte i fødevarer til mennesker og dyr, og fraktioner af blod bruges også industrielt i fødevarer som emulgator, klaringsmiddel, fødevarestabilisator og farvestof. Som fødevareadditiv er det oftest den klare plasmafraktion, der er af interesse, da den er farveløs og har den stærkeste evne til at binde vand og danne geler. Men størstedelen af proteinet er i den faste del. Ydermere kan man oprense transglutaminase fra blod, som bruges i kødforarbejdning. Ligesom i protein fra muskler er der et højt indhold af essentielle aminosyrer i plasmaprotein.

Eksportpotentiale

Potentialet ligger i salg sammen med andre sammensatte fødevarer, herunder fødevarer til eksport.

Klima- og miljøeffekter

Jo større andel af det levende dyr, der kan udnyttes til menneskeføde, jo lavere miljøaftryk for den samlede spiselige del. Blod udgør ca. fire pct. af det levende dyr, og en fuld udnyttelse af blod vil reducere miljøaftrykket fra de animalske produkter med ca. fem pct. pr. enhed.

Barrierer

Den vigtigste barriere vurderes at være omkostningerne ved en tilstrækkelig hygiejnisk opsamling af blodet, eller rettere at den nødvendige teknologi til en omkostningseffektiv opsamling fra drøvtyggere ikke er til stede.

Kilder

Aaslyng (2015); Landbrug & Fødevarer (2017); Mogensen et al. (2015); Nedergaard (2017); Pontoppidan & Madsen (2014).

4.5 Opgradering af sidestrømme fra vegetabilske produkter til human ernæring

I dette afsnit er inkluderet proteiner fra kartoffelpulp og proteiner fra sidestrømme af korn og frø.

4.5.1 Proteiner fra kartoffelpulp

(Marianne Hammershøj, Jesper Malling Smidt og Lotte Bach Larsen)

Rationale/idegrundlag

De danske kartoffelmelsfabrikker modtager årligt mere end 1,2 mio. tons kartofler, som hovedsageligt bruges til produktion af stivelse. Produktionen af kartoffelstivelse fører hvert år til, at producenterne står med 10.000 tons kartoffelprotein som restprodukt, der ikke kan bruges i fødevarer. Det skyldes indholdet af uheldige giftstoffer (glycoalkaloider) og uønsket enzymaktivitet. Disse forhold gør, at restproduktet i dag kun bliver brugt til dyrefoder, da tolerancen af glycoalkaloiderne her er højere end i fødevarer.

Opgraderingen af kartoffelproteinet vil skulle foregå i et centralt bioraffineringsanlæg i nærhed til KMC's stivelsesfabrikker, således at transporten kan minimeres. Kartoffelindustrien har i den forbindelse indgået et partnerskab (KMC, AKV Langholt) med henblik på denne proteinraffinering og kører flere forsknings- og udviklingsprojekter i fællesskab og med forskellige partnere, herunder universiteter.

Teknologiens modenhed

Teknologien er ikke moden. For nuværende produceres foderprotein via en varmekoaguleringsproces ud fra kartoffelsaften, der er et restprodukt fra stivelsesproduktionen. Herved udfældes en del af proteinerne (hovedproduktet patatin. samt en del protease inhibitorer), men det er efter denne fældning ikke opløseligt og anvendes indtil videre i dyrefoder. Desuden er der via opkoncentreringsprocesserne og behandlingen problemer med enzymatisk brunfarvning. Herudover skal der være monitering af indholdet af glycoalkaloider, som skal være under 150 µg/g proteinprodukt, for at disse må anvendes i fødevarer. Derfor har kartoffelmelsindustrien etableret flere forskningsprojekter. Et af de største er proPOTATO, støttet af Innovationsfonden. Her vil KMC og AKV i samarbejde med bl.a. Aarhus Universitet og Københavns Universitet udvikle nye og sunde proteinbaserede ingredienser baseret på dette kartoffelprotein.

Produktionspotentiale DK

Der produceres i dag mere end 1,2 million tons kartofler til stivelse og 10.000 tons foderprotein årligt i Danmark. Hvis udviklingen af procesteknologien lykkes, og kartoffelproteinet kan opkvalificeres fra foderkvalitet til fødevarekvalitet, vurderes det, at salget af kartoffelprotein til fødevarer efter nogle år vil kunne give en omsætning på 500 mio. kroner årligt. Med større værditilvækst fra kartoflerne kan der forventes et øget afkast pr. dyrket areal til landmændene og dermed en øget interesse for at dyrke kartofler.

Anvendelsesmuligheder

Kartoffelprotein kan finde anvendelse på to områder i fødevarer; som funktionel ingrediens eller i proteinberigede fødevarer. Kartoffelproteinets funktionelle egenskaber dækker over både skum, emulsion- og gel-dannende egenskaber fx som bindemiddel og fortykningsmiddel i forskellige produkter. Kartoffelprotein vil grundet en ernæringsmæssig meget fordelagtig aminosyreprofil, der

er bedre end sojaprotein, kunne bruges til proteinberigelse af diverse fødevarer, fx rettet mod sportsernæring eller special-/ældreernæring.

Eksportpotentiale

Det vurderes, at der er et stort potentiale for eksport af kartoffelprotein som fødevareingrediens. Der er for nuværende et hollandsk kartoffelproteinprodukt på markedet. Der er i dag en stigende efterspørgsel efter vegetabilske proteiner til fødevarer, herunder som alternativ til animalske proteinholdige fødevarer.

Klima- og miljøeffekter

Da der er tale om opkvalificering af et eksisterende restprodukt fra kartoffelmelsproduktion fra foderkvalitet til fødevarekvalitet, vil dette ikke påvirke det dyrkede landbrugsareal. Oparbejdningen af kartoffelprotein er for nuværende ikke en proces, der beror på stor brug af kemikalier, og der arbejdes på at mindske og genbruge procesvandet, hvilket ses som positivt for vandforbruget.

Barrierer

Det nuværende proteinprodukt af foderkvalitet har en lav opløselighed på det varmekoagulerede og udfældede produkt. Desuden skal kravet om et totalt glycoalkaloidniveau under 150 µg/g kunne opfyldes. Dette kræver monitering og eventuel justering af processeringen, da der kan ske en opkoncentrering af glycoalkaloiderne ved raffinering. Endvidere er den enzymatiske brunfarvning et problem, som begrænser anvendelsesmulighederne i fødevarer for nuværende. Hvis glycoalkaloid-niveauet kan sænkes tilstrækkeligt, vil proteinet måske kunne anvendes til proteinberigelse med ernæringsmæssigt sigte, men dette kræver, at spisekvaliteten er tilfredsstillende. Der arbejdes p.t. i forskningsprojekter på muligheder for at opløseliggøre foderproteinet.

Kilder

Innovationsfonden (n/d); Schmidt et al. (2017); Schmidt et al. (2018).

4.5.2 Sidestrømme fra korn og frø til human konsum til opgradering ud over foder

(Helle Nygaard Lærke, Lotte Bach Larsen, Lisbeth Mogensen)

Rationale/idegrundlag

Sidestrømme fra korn og frø udnyttes p.t. til foder og har typisk en god udnyttelse hertil. I forbindelse med det øgede behov for proteiner af ikke-animalsk oprindelse til human konsum er der mulighed for at udvinde proteiner af spisekvalitet fra disse reststrømme i stedet.

Raps. Der produceres ca. 700.000 tons rapsfrø i Danmark årligt. Rapskage, produktet efter presning af rapsolie, har et højt proteinindhold og højt indhold af essentielle aminosyrer, især de svovlholdige (methionin og cystein) og finder p.t. anvendelse som foder. Lysinindholdet er lidt lavere end i soja. Indholdet af anti-nutritionelle faktorer og ekstraktion af proteinet fra fibrene udgør den største begrænsning for anvendelse, men der foregår p.t. udviklingsarbejde på at overkomme dette.

Klid. Der oparbejdes ca. 340.000 tons korn til mel årligt i Danmark. Det skønnes at resultere i en produktion af 40.000 tons klid med et proteinindhold på 18 pct., der p.t. altovervejende anvendes som foder, men som potentielt kan anvendes til human ernæring.

Mask. Der anvendes ca. 300.000 tons byg årligt til ølfremstilling. Den tiloversblevne mask har et højere proteinindhold end kornet, der anvendes til bryggeprocessen (20-25 pct.), og en aminosyreprofil, der modsvarer kornets. Proteinet er i væsentlig grad bundet i cellevægge (især aleuronceller), hvorfor ekstraktion af proteinet vanskeliggøres.

Teknologiens modenhed

Raps. Der arbejdes i et innovationsfondsprojekt i samarbejde mellem Københavns Universitet, Triple A og Aarhus Universitet med udvikling af teknologi til opkoncentrering af rapsprotein og fjernelse af anti-nutritionelle stoffer. Udfordringen er at opnå høj proteinkoncentration og høj fordøjelighed, samt fjernelse af farve- og bitterstoffer. Sådanne produkter kræver novel-food godkendelse. Der er udviklet et canadisk patenteret produkt med meget højt proteinindhold (Isolexx ® og Vitalexx ®, Teutexx), som ikke er kommercialiseret.

Klid. Vi har ikke kendskab til innovationsaktiviteter på dette område.

Mask. Der er arbejdet på at isolere proteinerne fra masken sammen med andre værdistoffer, men teknologien er ikke moden.

Produktionspotentiale DK

Med den nuværende produktion af korn og raps i Danmark er der et potentiale på ca. 182.000 ton rapsprotein, 7.000 tons protein i klidprodukter og ca. 11.000 tons protein fra mask, i alt ca. 200.000 tons protein, hvoraf protein fra raps er den altdominerende.

Anvendelsesmuligheder

For anvendelse til fødevarer kræves generelt fjernelse af farve- og bitterstoffer.

Eksportpotentiale

Der må anses at være et betydeligt eksportpotentiale

Klima- og miljøeffekter

En højere udnyttelse af planteproduktionen til fødevarer frem for foder betyder alt andet lige en miljømæssig gevinst.

Barrierer
Den væsentligste barriere er viden om de teknologiske løsninger.

Kilder
Ikram et al. (2017); Teutexx Proteins (n/d).

Referencer

Afrose, S., Hammershøj, M., Nørgaard, J.V., Engberg, R.M. & Steenfeldt, S. (2016). Influence of blue mussel (*Mytilus edulis*) and starfish (*Asterias rubens*) meals on production performance, egg quality and apparent total tract digestibility of nutrients of laying hens. Animal Feed Science and Technology 213, 108-117.

AgriProtein (n/d). https://agriprotein.com/

Arla (2017). Danmark Protein.

Aaslyng, M. (2015). Nye blodprodukter med bedre funktionelle egenskaber. Rapport Teknologisk Institut, DMRI.

Bosselmann, A.S., Jensen, M.V. & Gylling, M. (2015). Proteinforbrug i danske konventionelle og økologiske husdyrproduktioner. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Udredning nr. 2015/02)

Bruhn, A., Tørring, D.B., Thomsen, M., Canal-Vergés, P., Nielsen, M.M., Rasmussen, M.B., Eybye, K.L., Larsen, M.M., Balsby, T.J.S. & Petersen, J.K. (2016). Impact of environmental conditions on biomass yield, quality, and bio-mitigation capacity of *Saccharina latissimi*. Aquaculture Environment Interactions 8, 619-638.

Danish Technological Institute (n/d). inVALUABLE. https://www.dti.dk/specialists/invaluable/38118

Dansk Insekt Netværk (n/d). http://www.inbiom.dk/inbiom/netvaerk/dansk-insekt-netvaerk

Danmarks Statistik (n/d). Statistikbanken. https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=2560

DSTAnalyse (2016). Profil af den økologiske forbruger. København.

DSTAnalyse (2017). Dansk akvakultur – vækst, udfordringer og beskæftigelse. København.

DTU, DI Fødevarer, & Landbrug & Fødevarer (2016). Viden er den vigtigste ingrediens. Sektorudviklingsrapport nr. 6.

Duarte, C.M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A. & Krause-Jensen, D. (2017). Can Seaweed Farming Play a Role in Climate Change Mitigation and Adaptation? Frontiers in Marine Science https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00100

FAO (2018). Food Balance Sheets. http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS

FiBL & IFOAM (2017). The World of Organic Agriculture 2017 – Statistics & Emerging Trends 2017.

Fleurence, J. (1999). Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends in Food Science & Technology 10, 25-28.

Frost, H.S., Nielsen, R., Petersen, J.K. & Larsen, V.B. (2015). Dansk produktion af linemuslinger til konsum. IFRO Udredning; Nr. 2015/04. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet

Grand View Research (2018). Global Protein Ingredients Market Size, Industry Report, 2018-2025.

Gregersen, O. & Bak, U.G. (2018). Feasibility and identification of barriers in algae industry. 3rd Consortium Meeting: Scientific and Economic Status (18M), Taastrup, 11th January 2018. Ocean Rainforest, WP Leader.

Grønt Center (2016). Grønne Grise - remediering med alger i svineindustrien.

Heilesen, L. (2016). Nye hestebønnesorter til dansk produktion af protein. Institut for Molekylærbiologi og Genetik, Aarhus Universitet. http://mbg.au.dk/aktuelt/nyhed/artikel/nye-hesteboennesorter-til-dansk-produktion-af-protein/

Hermansen, J.E., Jørgensen U., Lærke, P.E., Manevski, K., Boelt, B., Jensen, S.K., Weisbjerg, M.R., Dalsgaard, T.K., Danielsen, M., Asp, T., Ambye-Jensen, M., Sørensen, C.Aa.G., Jensen, M.V., Gylling, M., Lindedam, J., Lübeck, M. & Fog, E. (2017a). Green biomass: protein production through bio-refining. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. DCA Rapport 93.

Hermansen, J.E., Mogensen, L., Knudsen, M.T., Kristensen, T., Gylling, M. (2017b). Kortlægning af proteinværdikæder. Notat til Det Nationale Bioøkonomipanel August 2017, 16 pp

Hou, X., Hansen, J.H. & Bjerre, A.-B. (2015). Integrated bioethanol and protein production from brown seaweed *Laminaria digitata*. Bioresource Technology 197, 310-317.

Ikram, S., Huang, L.Y., Zhang, H., Wang, J. & Yin, M. (2017). Composition and Nutrient Value Proposition of Brewers Spent Grain. Journal of Food Science 82, 2232-2242.

INFOOFEE (n/d). Danish Consortium on Insects as Food and Feed. http://plen.ku.dk/english/research/organismal_biology/ipbc/insects-as-future-food-and-feed/

DI Fødevarer (2015). Ingrediensindustriens betydning for en ressourceeffektiv og bæredygtig fødevareproduktion. Instituttet for Fødevarestudier og Agroindustriel Udvikling for Ingrediensforum.

Innovationsfonden (n/d). Kartofler som et bæredygtigt alternativ til animalsk protein. https://innovationsfonden.dk/en/node/750

ITC (2015). The State of Sustainable Markets 2015 – Statistics and Emerging Trends, Geneva, Switzerland.

ITC (2017). The State of Sustainable Markets 2017 – Statistics and Emerging Trends. Geneva, Switzerland.

Jensen, J.D. & Gylling, M. (2018). Økonomiske vurderinger i forhold til værdikæden for Grøn Bioraffinering. Frederiksberg: Institut for Fødevare og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Dokumentation, Nr. 2018/3).

Jóhannsson, R. & Smárason, B.Ö. (2016). Protein Value Chain: Insects. In: Andersen, K. & Tybirk, K. (eds.): Nordic Alternative Protein Potentials – Mapping of regional bioeconomy opportunities, 81-88. Nordic Council of Ministers, Norden. TemaNord 2016:527. http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1033296&dswid=4777

Jönsson, L. & Elwinger, K. (2009). Mussel meal as a replacement for fish meal in feeds for organic poultry: a pilot short-term study. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science 59, 22-27.

Jönsson, L., Wall, H. & Tauson, R. (2011). Production and egg quality in layers fed organic diets with mussel meal. Animal 5, 387-393.

JRC (2015). Markets for non-Genetically Modified Identity-Preserved soybean in the EU, Report EUR 27203 EN, Luxembourg.

Landbrug & Fødevarer (n/d). Danske foder- og fødevareingredienser – Byggesten til en bedre verden. Et indblik i makrotendenser samt kommercielle og geografiske markeder med relevans for foder- og fødevareingredienser. Rapport.

Landbrug & Fødevarer (2017) Statistik 2016: okse- og kalvekød.

Lindberg, J.E. (2016). Feed protein needs and nutritive value of alternative feed ingredients. In: Andersen, K. & Tybirk, K. (eds.): Nordic Alternative Protein Potentials – Mapping of regional bioeconomy opportunities, 19-35. Nordic Council of Ministers, Norden. TemaNord 2016:527. http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1033296&dswid=4777

Madeira, M.S., Cardoso, C., Lopes, P.A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N.M. & Prates, J.A.M. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. Livestock Science 205, 111-121.

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F & Ankers, P. (2016). Seaweeds for livestock diets: A review. Animal Feed Science and Technology 212, 1-17.

Marinho, G.S., Holdt, S.L., Birkeland, M.J. & Angelidaki, I. (2015). Commercial cultivation and bioremediation potential of sugar kelp, *Saccharina latissima*, in Danish waters. Journal of Applied Phycology 27, 1963-1973.

Heide, M.E. van der, Carlson, D. & Nørgaard, J.V. (2018a). Growth performance of weaned pigs fed different levels of starfish meal. Animal Feed Science and Technology 238, 84-90.

Heide, M.E. van der, Møller, L.F., Petersen, J.K. & Nørgaard, J.V. (2018b). Annual variation in nutrient composition of the common starfish (*Asterias Rubens*). Animal Feed Science and Technology 238, 91-97.

MFLF (2014). Strategi for bæredygtig udvikling af akvakultursektoren i Danmark 2014-2020. NaturErhvervstyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Mogensen, L., Vestergaard, J., Fretté, X., Lund, P., Weisbjerg, M.R. & Kristensen, T. (2010). Effect of toasting field beans and of grass-clover:maize silage ratio on milk production, milk composition and sensory quality of milk. Livestock Science 128, 123-132.

Mogensen, L., Hermansen, J.E., Nguyen, L. & Preda, T. (2015). Environmental impact of beef: by life cycle assessment (LCA). DCA report no 61, Aarhus University.

Nedergaard, A. (2017). Kød, muskelproteiner og co-produkter: Relevans, funktion og anvendelse i human ernæring. Landbrug & Fødevarer.

Nørgaard, J.V. (2018). Proteins for pigs derived from the sea. http://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2018/1/Proteins-for-pigs-derived-from-the-sea-237491E/

Nørgaard, J.V., Petersen, J.K., Tørring, D.B., Jørgensen, H. & Lærke, H.N. (2015). Chemical composition and standardized ileal digestibility of protein and amino acids from blue mussel, starfish, and fish silage in pigs. Animal Feed Science and Technology 205, 90-97.

OECD (2016). OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025. http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2016_agr_outlook-2016-en

Olsen, M.L. & Karlson, H. (2016). Microalgae as a Source for Animal Feed Protein: Potentials and Challenges. In: Andersen, K. & Tybirk, K. (eds.): Nordic Alternative Protein Potentials – Mapping of regional bioeconomy opportunities, 69-74. Nordic Council of Ministers,

Norden. TemaNord 2016:527. http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1033296&dswid=4777

Petersen J.K., Bjerre A.-B., Hasler B., Thomsen M., Nielsen M.M. & Nielsen P. (2016). Blå biomasse – potentialer og udfordringer for opdræt af muslinger og tang. DTU Aqua-rapport nr. 312 Institut for Akvatiske ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, 37 pp.

Pontoppidan, O. & Madsen, N.T. (2014). LCA-slagteridataopgørelse for kvægproduktionstyper for KF/Landbrug og Fødevarer. Teknologisk Institut DMRI.

ProTerra (2014). ProTerra Standard Social Responsibility and Environmental Sustainability Version 3.0, december 2014. ProTerra Foundation.

ProTerra (2016). ProTerra Foundation.

ProTerra & Danube Soya (2015). Non-GMO Soy Synopsis: Global supply of certified non-GMO soy.

RaboResearch (2017). Global Animal Protein Outlook 2018. https://www.demolenaar.nl/wp-content/uploads/2017/11/hier.pdf

RTRS (2017). Standard for Responsible Soy Production Version 3.1, June 2017. Round Table on Responsible Soy Association.

Schmidt, J.H. (2015). Life cycle assessment of five vegetable oils. Journal of Cleaner Production 87, 130-138.

Schmidt, J.M., Greve-Poulsen, M., Damgaard, H., Sunds, A.V., Zdráhal, Z. Hammershøj, M. & Larsen, L.B. (2017). A New Two-Step Chromatographic Procedure for Fractionation of Potato Proteins with Potato Fruit Juice and Spray-Dried Protein as Source Materials. Food and Bioprocess Technology 10, 1946-1958.

Schmidt, J.M., Damgaard, H., Greve-Poulsen, M., Larsen, L.B. & Hammershøj, M. (2018). Foam and emulsion properties of potato protein isolate and purified fractions.. Food Hydrocolloids 74, 367-378.

SEAFISH (2016). Fishmeal and fish oil facts and figures. Edinburgh, Scotland.

Seghetta, M., Tørring, D., Bruhn, A. & Thomsen, M. (2016). Bioextraction potential of seaweed in Denmark: An instrument for circular nutrient management. Science of The Total Environment 563-564, 513-529.

St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W. & Sealey, W. (2007). Fly Prepupae as a Feedstuff for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. World Aquaculture Society 38, 59-67.

Sørensen, P. & Nørgaard, J.V. (2016). Starfish (*Asterias rubens*) as feed ingredient for piglets. Animal Feed Science and Technology 211, 181-188.

Tayyab, U., Novoa-Garrido, M., Roleda, M.Y., Lind, V. & Weisbjerg, M.R. (2016). Ruminal and intestinal protein degradability of various seaweed species measured in situ in dairy cows. Animal Feed Science and Technology 213, 44-54.

Teknologisk Institut (2018). Kan insekter konvertere organisk husholdningsaffald til værdifuldt minkfoder? WICE – Waste, Insects and Circular Economy. https://www.teknologisk.dk/projekter/projekt-8211-kan-insekter-konvertere-organisk-husholdningsaffald-til-vaerdifuldt-minkfoder/37500

Teutexx Proteins (n/d). https://teutexx.com/

Timmermann, K. (red.) (2016). Marine Virkemidler: Beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi http://dce2.au.dk/pub/MarineVirkemidler.pdf

Unibio (2018). http://www.unibio.dk/technology/introduction

Visiongain (2015). Protein Ingredients Market Report 2015-2025.

Wallenbeck, A., Neil, M., Lundeheim, N. & Andersson, K. (2014). Mussel meal in diets to growing/finishing pigs - influence on performance and carcass quality. Swedish University of Agricultural Sciences. http://old.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2014Copenhagen/Papers/Published/S26_07.pdf

Weide, R.Y. van der, Schipperus, R. & Dijk, W van. (2014). Algae cultivation using digestate as nutrient source: opportunities and challenges. Paper at 22nd European Biomass Conference and Exhibition, 23-26 Juni 2014, Hamburg, Germany.

Westhoek, H., Rood, T., van den Berg, M., Janse, J., Nijdam, D., Reudink, M. & Stehfest, E. (2011). The Protein Puzzle – the consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union. PLB Netherlands Environmental Agency 218 pp.

World Bank (2013). Fish to 2030 – Prospects for Fisheries and Aquaculture. Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03. World Bank Report Number 83177-GLB.

Følgende personer har bidraget med specialistviden

Hanne Damgaard Poulsen, Helle Nygaard Lærke, Jan Værum Nørgaard og Søren Krogh Jensen, Institut for Husdyrvidenskab, Aarhus Universitet

Marianne Hammershøj, Jesper Malling Smidt og Lotte Back Larsen, Institut for Fødevarevidenskab, Aarhus Universitet

Lisbeth Mogensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Annette Bruhn og Susse Wegeberg, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Marianne Thomsen og Berit Hasler, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Lars-Henrik Lau Heckmann, Teknologisk Institut

Bilag A: Certificeringsordninger for soja

Round Table for Responsible Soy (RTRS) blev oprettet i 2006 af bl.a. grønne NGO'er (WWF), detailkæder (COOP – Schweiz), fødevareproducenter (Unilever) og sojaproducenter (GruppoMaggi – en af verdens største producenter). Formålet er RTRS er at "… promovere en ansvarlig produktion, forarbejdning og handel med soja.." ifølge RTRS' hjemmeside, hvilket gøres vha. en standard for den primære produktion og en Chain of Custody-standard, der begge indgår i et 3. parts certificeringsprogram. RTRS har desuden en standard for gruppecertificering (multi-site) og for produktion til EU biobrændstof-markedet. RTRS-standarden, der senest blev opdateret i juni 2017, dækker fem overordnede principper: i) overholdelse af love og god forretningsførelse, ii) ansvarlige arbejdstagerforhold, iii) ansvarlige forhold til lokalsamfund, iv) miljømæssig ansvarlighed og v) god produktionspraksis (GAP) (RTRS, 2017). I dag har RTRS over 200 medlemmer, hvoraf halvdelen er fra industri (forarbejdning), handel og finansiering, mens ca. 16 pct. er producenter. I 2017 blev der produceret lidt over fire mio. tons RTRS certificeret soja, hovedsageligt fra Brasilien (82 pct.) og Argentina (13 pct.). Heraf blev ca. to tredjedele solgt som certificeret, hovedsageligt via certifikater, hvor det ikke er den fysiske vare, der handles, men certifikater eller kreditter svarende til et tons produktion af certificeret soja. Blandt omkring 120 opkøbere af RTRS-kreditter, var Arla Foods med indkøb af 310.000 kreditter (= tons) den fjerdestørste RTRS opkøber i verden i 2017. Det eneste andet danskejede selskab med opkøb af kreditter i 2017 var Tulip Ltd. (9200 kreditter). RTRS-standarden tillader GM soja, men RTRS Chain of Custody-standarden har specifikke krav til handel med RTRS-soja, der også er certificeret non-GM (via anden certificering), så varen ikke blandes med RTRS-certificeret GM soja. Langt størstedelen af RTRS-certificeret soja er GM soja.

ProTerra blev, ligesom RTRS, startet af COOP Schweiz og WWF og har i dag medlemmer fra industrien, handelsorganisationer, repræsentanter for regeringer og NGO'er. ProTerra-standarden gælder i princippet for alle produktioner af fødevarer, men standarden er baseret på 'the Basel Criteria on Responsible Soy', og soja er også den største afgrøde certificeret under ProTerra-standarden. Standarden omhandler 10 principper: i) overholdelse af loven og internationale aftaler (fx ILO aftaler), ii) menneskerettigheder og arbejdstagerforhold; iii) ansvarlige forhold til lokalsamfund, iv) miljøtjenester (environmental services) og miljøforvaltningsplaner, v) genetisk modificerede organismer er ikke tilladt, vi) forvaltning af forureningskilder og affald, vii) forvaltning af vandressourcer, viii) forvaltning af drivhusgasser, ix) god produktionspraksis (GAP) og x) sporbarhed og segregering (ProTerra, 2014). Foruden ProTerras krav til non-GMO, så overlapper ProTerra og RTRS-standarderne i vid udstrækning hinanden, og siden 2014 har det været på tale at samkøre dem endnu mere, bl.a. så audit-udgifterne for producenterne kan reduceres. I 2015 var omkring 17 pct. af den globale sojaproduktion non-GM, svarende til 56 mio. tons. Heraf var 5 mio. tons non-GM soja certificeret efter forskellige standarder, hvoraf ProTerra stod for ca. 3,9 mio. tons. Den resterende del var certificeret af CERT-ID non-GM, økologiske standarder og Danua Soja (non-GM soja produceret i landene omkring Donaufloden). Forventningen til 2016 var på daværende tidspunkt en vækst på 12 pct. for non-GM soja (ProTerra & Danube Soya 2015). Umiddelbart er der ikke import af ProTerra-certificeret soja til Danmark.

Økologisk soja kan være certificeret efter forskellige økologiske standarder, der ofte tager afsæt i IFOAM's retningslinjer for økologisk produktion. Den danske import af økologiske proteinfoderstoffer var i 2013 på ca. 57.000 tons, heriblandt ca. 26.000 tons økologiske sojakager, fortrinsvis fra Kina (15.500 tons) og Kasakhstan (ca. 4.500 tons) (Bosselmann et al., 2015). Den økologiske soja er hovedsageligt certificeret af EcoCert, som oprinder fra Frankrig men bruges verden over til certificering af økologiske landbrug, mens den økologiske soja fra Kasakhstan er certificeret af BIOZOO, der dog tidligere har været mistænkt for svindel (Bosselmann et al., 2015). Der findes ikke en tilsvarende opdateret statistik for import af økologisk soja, da denne for 2013 er baseret på særudtræk fra Danmarks Statistik, men importen af økologiske foderstoffer generelt er steget betydeligt siden da. I 2016 var den samlede import af økologiske foderstoffer (undtagen umalet korn) på 345 mio. kr. (226 mio. kr. i 2013), hvoraf de 151 mio. kr. var fra import fra Asien (hovedsageligt Kina; 113 mio. kr. i 2013). Størstedelen af stigningen kommer fra import fra europæiske lande.

Kilder

Bosselmann et al (2015); ProTerra (2014); RTRS (2017).