

# Vækst i blå biomasser

Kortlægning af potentialer og udfordringer i værdiskabelse af tang og skaldyr







**Titel**

Vækst i blå biomasser - Kortlægning af potentialer og udfordringer i værdiskabelse af tang og skaldyr

**Udgivet af**

Innovationsnetværket for Biomasse - INBIOM v/ Agro Business Park  
Kell Andersen, +45 5190 2590, kan@agropark.dk

FoodNetwork v/ VIFU

Anni Simonsen, +45 5074 9838, as@foodnetwork.dk

Dansk Materiale Netværk v/ Fonden Plast Center Danmark

Mia Katharina Podlech, +45 6035 1994, mkp@plastcenter.dk

Aarhus Universitet

Jan Værum Nørgaard, +45 8715 7816, janvnoergaard@anis.au.dk

Teknologisk Institut

Sara Kobbegaard, +45 7220 1461, sak@teknologisk.dk

**Udgivelsesår**

2016

**Forfattere**

Kell Andersen, Agro Business Park

Kersti Haugan, Teknologisk Institut

Sara Kobbegaard, Teknologisk Institut

Mette Haunstrup Larsen, Aarhus Universitet

Jan Værum Nørgaard, Aarhus Universitet

Mia Katharina Podlech, Plast Center Danmark

**Redigering/redaktør**

Kell Andersen, Agro Business Park

**Layout**

Marie Poulsen, Agro Business Park

**Coverfotos**

For: Teknologisk Institut & Plast Center Danmark

Bag: Aarhus Universitet

# Forord

Potentialerne i de blå biomasser, herunder specielt tang og skaldyr, for jobskabelse og vækst i danske virksomheder, har den seneste tid modtaget stor bevågenhed. Ikke mindst har NaturErhvervstyrelsen samt Miljøstyrelsen og Naturstyrelsen i 2015 udarbejdet en "Strategi for udviklingen af akvakultur i Danmark i perioden 2014-2020" og Det Nationale Bioøkonomipanel har i 2016 udarbejdet "Anbefalinger vedrørende værdikæder baseret på blå biomasse, med særligt fokus på værdikæder baseret på muslinger og tang".

Nærværende rapport tager udgangspunkt i en konkret kortlægning af de væsentligste produktioner, potentialer og ikke mindst udfordringer mht. bedre udnyttelse og værdiskabelse af de blå biomasser. Rapporten er afgrænset til tang, skaldyr og søstjerner.

Rapporten er udarbejdet af de tre innovationsnetværk: Innovationsnetværket for Biomasse - INBIOM, FoodNetwork og Dansk Materiale Netværk samt Aarhus Universitet og Teknologisk Institut. Under projektarbejdet i 2016 har deltagere haft jævnlige møder og dertil er en række relevante virksomheder, vidensinstitutioner og andre interessenter blevet kontaktet. Nærværende publikation er en kondenseret udgave af disse møder og det tilhørende opsøgende arbejde.

Rapporten indgår som en del af projektet "Blå vækst – Optimering af havets afgrøder", som har modtaget støtte fra "Uddannelses- og Forskningsministeriet – Styrelsen for Forskning og Innovation". Projektets overordnede mål er at identificere de mest attraktive værdistrømme i samspil med relevante virksomheder og demonstrere forretnings- og vækstmuligheder. Formålet med nærværende rapport er at identificere de mest attraktive værdistrømme og bringe deres potentialer og udfordringer frem i lyset for danske virksomheder og andre relevante interessenter.

I forlængelse af denne rapport igangsættes yderligere aktiviteter i "Blå vækst – Optimering af havets afgrøder", i samspil med relevante virksomheder, som har til formål at demonstrere forretnings- og vækstmuligheder.

Rapporten indeholder foruden introduktionen fire hovedkapitler. De første to kapitler omhandler hhv. tang og skaldyr, mens det tredje omhandler materialer og dyrkningssystemer. Fjerde og sidste kapitel omhandler anvendelse af blå biomasser til husdyrfoder. Under hvert kapitel vil der blive kortlagt potentialer og udfordringer inden for områderne. Sidst i introduktionen er de største potentialer og de største udfordringer opsummeret.

I relation til udarbejdelse af denne rapport er en række personer og virksomheder/organisationer blevet kontaktet. Vi vil gerne sig tak for at stille viden og erfaringer til rådighed, samt for at belyse aktuelle potentialer og udfordringer omkring de blå biomasser. En uddybende liste med personer og virksomheder/organisationer findes i appendiks A.



Uddannelses- og  
Forskningsministeriet  
—  
Styrelsen for Forskning og Innovation

# Indholdsfortegnelse

<b>1.0 INTRODUKTION .....</b>	<b>5</b>
1.1 Potentialer og begrænsninger for dyrkning/opdræt af blå biomasser.....	6
1.2 Resume og perspektivering.....	7
1.3 Referencer .....	9
<b>2.0 TANG.....</b>	<b>11</b>
2.1 Indledning.....	11
2.2 Sammensætning og værdistoffer .....	11
2.3 Kommerciel produktion og udnyttelse af tang .....	12
2.4 Barrierer og udfordringer for dyrkning og produktion .....	14
2.5 Referencer .....	16
<b>3.0 SKALDYR.....</b>	<b>17</b>
3.1 Indledning.....	17
3.2 Krebsdyr .....	17
3.3 Jomfruhummerfiskeriet .....	18
3.4 Rejefiskeriet.....	19
3.5 Taskekrabber .....	20
3.6 Bløddyr .....	22
3.7 Blåmuslinger .....	23
3.8 Østers .....	24
3.9 Hjertemuslinger .....	24

3.10 Knivmuslinger .....	25
3.11 Konksnegle .....	25
3.12 Referencer .....	26
<b>4.0 POLYMERE MATERIALER I Udstyr til Fangst, Dyrkning og Forarbejdning samt Emballering af Skaldyr og Tang .....</b>	<b>28</b>
4.1 Indledning.....	28
4.2 Polymere materialer i udstyr til fangst og dyrkning af skaldyr og tang.....	28
4.3 Polymere materialer i forarbejdningsudstyr af skaldyr og tang.....	31
4.4 Polymere materialer til emballering af skaldyr og tang.....	34
4.5 Referencer .....	42
<b>5.0 MARINE BIORESSOURCER SOM HUSDYRFODER.....</b>	<b>44</b>
5.1 Indledning.....	44
5.2 Næringsstofindhold af muslinger, søstjerner, krabber og tang til husdyr.....	44
5.3 Forarbejdning af råvarerne til foderstoffer .....	47
5.4 Lovgivningsmæssige begrænsninger .....	48
5.5 Egnethed af marine bioressourcer til husdyr.....	48
5.6 Marine ressourcer som økologisk foder .....	53
5.7 Perspektiver for marine ressourcer som husdyrfoder .....	54
5.8 Referencer .....	55
5.9 Appendiks til kapitel .....	60
<b>APPENDIKS A - KONTAKTEDE PERSONER/VIRKSOMHEDER/ORGANISATIONER.....</b>	<b>61</b>





## 1.0 Introduktion

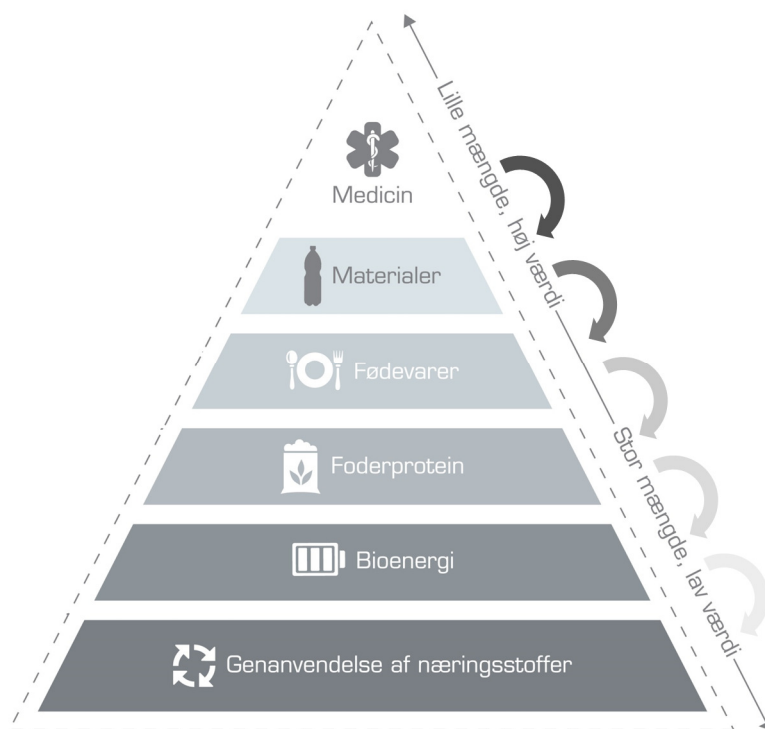
Den danske fiskeri- og akvakultursektor er generelt karakteriseret ved en høj standard omkring kvalitet, fødevarer sikkerhed og miljøteknologi. Nye muligheder ligger bl.a. i de blå biomasser, herunder tang og skaldyr, som på det seneste har modtaget stor bevågenhed. Med en lang tradition for effektivt fiskeri, akvakultur og internationale styrkepositioner inden for fødevarer, miljøteknologi og biomasseudnyttelse er det spirende "blå vækstområde" en stor og åbenlys mulighed for Danmark.

NaturErhvervstyrelsen samt Miljøstyrelsen og Naturstyrelsen har i 2015 udarbejdet "Strategi for udviklingen af akvakultur i Danmark i perioden 2014-2020" [1]. Heri fremgår det at "udvikling og anvendelse af ny smart teknologi kan fremme en økonomisk, socialt og miljømæssig bæredygtig produktion og stille sunde fisk og skaldyr af høj kvalitet til rådighed for forbrugerne". Det overordnede mål for strategien er samtidig at skabe værdi, vækst og arbejdspladser, hvilket skal foregå igennem øget ressourceeffektivitet, innovation og forbedret konkurrenceevne i sektoren. Konkrete målsætninger er blandt andet:

- at produktionen af fisk og skaldyr forøges med 25% (heraf 10% økologisk produktion)
- at kvælstofbelastningen pr. produceret enhed reduceres
- at eksporten af fisk og skaldyr forøges med 25%
- at eksporten af fiskefoder og miljøteknologi tredobles i 2020

Den beskrevne strategi og de fremlagte mål er centrale i relation til udviklingen af blå biomasser i Danmark.

Dertil har Det Nationale Bioøkonomipanel i 2016 udarbejdet "Anbefalinger vedrørende værdikæder baseret på blå biomasse, med særligt fokus på værdikæder baseret på muslinger og tang" [2]. Heri fremføres det bl.a. at "På verdensplan er akvakultur, opdræt af fisk, skaldyr og tang, den hurtigst voksende fødevarerproducerende sektor med årlige vækstrater på 8-9%". I Danmark landes der årligt 40.000-60.000 tons blåmuslinger. Potentialet for opdræt vurderes dog til at være 300.000 tons [3]. Den danske dyrkning og høst af tang er meget lav, på nuværende tidspunkt kun få tons pr. år, men et produktionspotentiale på 2.200-8.100 tons vådvægt i 2025 er realistisk hvis eksisterende produktionsanlæg udnyttes fuldt ud [3]. Anbefalingerne fra bioøkonomipanelet tager i høj grad udgangspunkt i princippet omkring kaskadeudnyttelse (Figur 1.), dvs. at optimere værdipotentialet ved at udvinde de mest værdifulde stoffer fra biomassen. De enkelte komponenter kan anvendes inden for medicin, kosmetik, helsekost mv. som er højværdimarkeder. For den blå biomasse kan værdioptimering også foregå ved at udnytte en større andel af biomassen direkte til human konsum, hvor produkter kan afsættes til en relativ høj pris. Mindre værdifulde komponenter kan anvendes til foder og bioenergi, f.eks. biogas, og i sidste ende gødning.

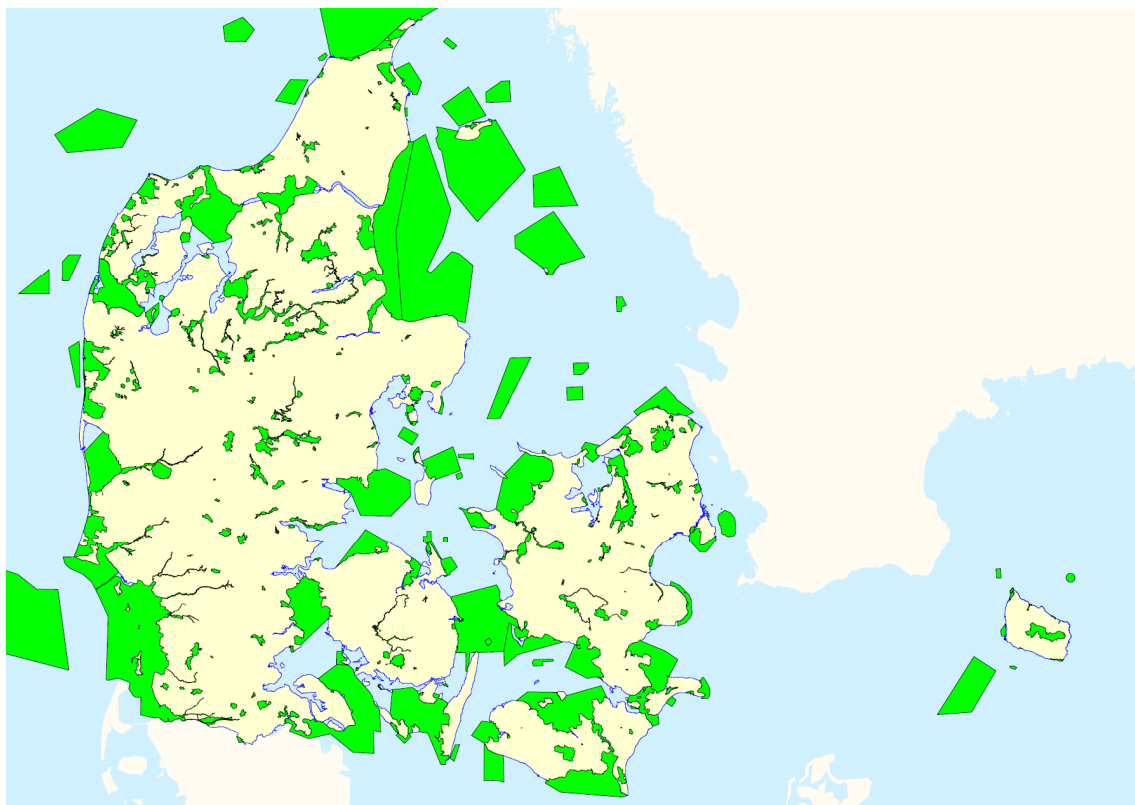


**Figur 1.** Generisk model for værdioptimering via kaskadeudnyttelse af en given biomasse. De enkelte værdikomponenter separeres og isoleres vha. bioraffinering og de mest værdifulde komponenter kan f.eks. anvendes til medicin og kosmetik mens andre komponenter kan anvendes til f.eks. foder, bioenergi og gødning. Illustration: Agro Business Park A/S.

For Danmark ligger jobskabelse og vækst ikke kun i selve udnyttelsen af biomassen men grundet erfaringer og en etableret styrkeposition kan værdiskabelsen også foregå igennem materiale- og teknologiudvikling. Der vurderes gode muligheder for eksport.

### 1.1 Potentialer og begrænsninger for dyrkning/opdræt af blå biomasser

Danmark har en lang kyststrækning og store arealer med vand med potentiale for bedre udnyttelse i relation til dyrkning og produktion af blå biomasser end på nuværende tidspunkt. En betydelig andel af både kyst og farvand er dog fredet eller beskyttet, hvilket begrænser mulighederne for udnyttelse. Dertil er områder også reserveret til trafikruter og infrastrukturer som broer, færger og vindmølleparker, der forhindrer anvendelse af disse områder til dyrkningsformål. I Figur 2. er beskyttede Natura 2000-områder illustreret. Natura 2000-områderne er udpeget for at beskytte en række truede, sårbare eller karakteristiske dyr, fugle, planter samt naturtyper og dækker 17,7% af det danske hav. Natura 2000-områderne bliver som hovedregel beskyttet af den eksisterende natur- og miljølovgivning suppleret med særligt stramme retningslinjer for, hvornår der kan gives tilladelser, der berører Natura 2000-områder. Det er muligt at udføre aktiviteter i Natura 2000-områderne, men det kræver tilladelse eller planlægning efter eksisterende natur- og miljølovgivning. Mere information, herunder liste og kort over Natura 2000-områderne findes hos Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning [4].



**Figur 2.** Beskyttede Natura 2000-områder. 17,7 % af det danske hav er på nuværende tidspunkt under Natura 2000 beskyttelse. Aktiviteter i disse områder kræver særlig tilladelse. Illustration: Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning.

## 1.2 Resume og perspektivering

Nærværende rapport omhandler potentialer og udfordringer inden for de blå biomasser fra danske farvande, heri afgrænset til tang (makroalger), skaldyr og søstjerner. Det opsøgende arbejde, foretaget i relation til udarbejdelse af denne rapport, har verificeret og tydeliggjort, at der er stor politisk samt forsknings- og erhvervsmæssig interesse for området.

Sammenlignet med mange andre lande har Danmark en lang kyststrækning og tilhørende stort areal med farvand. På nuværende tidspunkt udnyttes kun en lille del af dette til bæredygtig dyrkning og opdræt af hhv. tang og skaldyr. For at fremme investeringer og skabe arbejdspladser, ikke mindst nær kystområder, er der behov for at tilpasse gældende rammevilkår, bl.a. således at der kan opnås sikkerhed for at aktiviteterne kan foregå langsigtet og at der kan opnås synergieffekter med andre produktionsformer.

Dyrkning/opdræt og høst/fangst af tang og skaldyr er forbundet med relativt store (investerings)omkostninger og der er mulighed for at optimere på eksisterende dyrkningssystemer således at omkostningerne reduceres og at udbytte, kvalitet samt indtjeningen forøges.

Merværdi af tang og skaldyr kan opnås ved at øge andelen af produktionen som går til fødevarer og her kan innovative og skræddersyede emballager bidrage til friskere produkter, forlænget holdbarhed og dermed også reduceret madspild. Forarbejdning af blå biomasser til foder vil åbne op for markeder, hvor der kan afsættes store mængder i allerede veletablerede kanaler. Merværdi opnås også via bioraffinering af biomassen, hvor værdikomponenter udvindes og afsættes enkeltvis. Dette giver potentiale for større indtjening end hvad der er muligt, hvis biomassen afsættes som en bulk vare.

I relation til bioraffinering af blå biomasser kan erfaringer med bioraffinering af grønne- (græs/kløver) eller gule (halm) biomasser potentielt overføres. Grønne biomasser som f.eks. græs har ligesom tang også et relativt lavt tørstofindhold. En række udviklingsprojekter omhandlende grønne biomasser har derfor fokus på decentrale løsninger (f.eks. mobile enheder) hvor der foretages en (for)behandling inden værdistoffer transporteres videre. Decentrale enheder der kan (for)behandle den blå biomasse tæt på dyrknings eller høstområdet, for derved at minimere transporten af vand, kan være et spændende initiativ.

Formålet med nærværende rapport er at identificere de mest attraktive værdistrømme og bringe deres potentialer og udfordringer frem i lyset for danske virksomheder og andre relevante interessenter. På næste side er der opgivet ti eksempler på nogle af de største potentialer og udfordringer.

### De største potentialer

- Dyrkningen af tang og opdræt af skaldyr kan ekspanderes betydeligt og der er mulighed for at dele af fiskerierhvervet i større grad kan målrettes (nye arter af) skaldyr.
- Tang og skaldyr, som f.eks. muslinger, kan bidrage til et bedre vandmiljø, da de opsamler næringsstoffer udledt fra f.eks. landbrug eller aquakultur.
- Udvidelse af den kommercielle dyrkning af tang og fiskeri af skaldyr kan føre til unikke lokale produkter (herunder introduktion af nye arter) samt arbejdspladser, specielt nær kystområder.
- Der er klare muligheder for bedre udnyttelse af eksisterende restprodukter og sidestrømme.
- Der er mulighed for udvikling af nye fangstmetoder og nyt udstyr inden for fiskeriet f.eks. tjenefiskeri inden for skaldyr.
- I relation til at bibeholde friskhed, forlængelse af holdbarhed og reducere madspild kan skræddersyede emballager, f.eks. MAP (modificeret atmosfærepakning), være en del af løsningen.
- Anvendelse af skaldyr og tang direkte til fødevarer har høj værdi. Der er gode muligheder for at øge både national afsætning og eksport.
- Udvikling af nye bioraffineringsprocesser og -teknologier kan føre til helt nye højværdiprodukter med anvendelse inden for medicin, kosmetik, fødevarer mm.
- Unikke stoffer i marine ressourcer som tang og skaldyr kan være med til at øge husdyrenes sundhed og kan medføre sundhedsfremmende fødevarer.
- Protein fra skaldyr og tang kan potentielt bidrage til at løse nogle af de udfordringer som specielt det økologiske landbrug står overfor, hvor al foder fra 2018 skal være 100% økologisk.

### De største udfordringer

- Nuværende rammevilkår fremmer ikke investeringer. F.eks. gives der ikke permanent tilladelse til dyrkning af bl.a. tang på en given lokalitet, hvilket skaber usikkerhed.
- Usikkerhed omkring regulering herunder kvoter, mindste mål og produktionsområder, kan være hæmmende for nye initiativer og investeringer.
- Det pt. ikke er tilladt/muligt at udvide aquakultur, hvis der samtidig etableres dyrkning af tang eller skaldyr, som kan opsamle næringsstoffer. Synergieffekter ved kompensationsopdræt (Integrated MultiTrophic Aquaculture) kan derfor ikke opnås på nuværende tidspunkt.
- Dyrkning/opdræt og høst/fangst i fjorde og på åbent hav er forbundet med store omkostninger. Der stilles store krav til dyrkningssystemer da vind, bølger og is kan forårsage skader.
- Eksisterende infrastrukturer er ikke nødvendigvis tilpasset forarbejdning eller bioraffinering af (nye) blå biomasser. For at gøre det muligt at føre forretning på kommercielle vilkår er der behov for at identificere optimale metoder til ekstrahering af værdistoffer og etablere nye processer.
- Dyrkningsforhold, herunder saltindhold, i danske farvande varierer meget. Erfaringer fra én geografisk lokalitet kan derfor ikke nødvendigvis overføres til en anden.
- Værdistofferne, sammensætningen og kvalitet af/i tang og skaldyr kan variere med årstid.
- Visse tangarter indeholder store mængder mineraler som f.eks. jod. Fødevarerindtag af disse arter som råvare anbefales derfor ikke i store mængder. Ekstrahering af mineraler f.eks. igennem bioraffinering kan være en løsning.
- Der er behov for udvikling af nyt udstyr og nye processer til forarbejdning af blå biomasser til fødevarer og foderprodukter.
- Der kan forekomme forbruger skepsis og forudindtaget aversioner overfor nye arter inden for tang og skaldyr. Der er behov for mere forbrugeroplysning.

### 1.3 Referencer

- [1] NaturErhvervstyrelsen, 2015. Strategi for bæredygtig udvikling af akvakultursektoren i Danmark 2014-2020  
<http://naturerhverv.dk/fiskeri/akvakultur/strategi-for-baeredygtig-udvikling-af-akvakultursektoren-i-danmark-2014-2020/>
- [2] NaturErhvervstyrelsen, 2016. anbefalinger fra Det Nationale Bioøkonomipanel vedrørende værdikæder baseret på blå biomasse  
<http://naturerhverv.dk/nyheder-og-presse/nyheder/nyhed/nyhed/biooekonomipanel-stort-potentiale-i-havets-biomasse/>
- [3] Petersen JK, Bjerre AB, Hasler B, Thomsen M, Nielsen MM & Nielsen P, 2016. Blå biomasse – potentialer og udfordringer for opdræt af muslinger og tang, DTU Aqua-rapport nr. 312-2016
- [4] Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning, 2016. Natura 2000-områderne  
<http://svana.dk/natur/natura-2000/natura-2000-omraaderne/>

## 2.0 Tang

### 2.1 Indledning

Der findes omkring 3-400 forskellige tangarter langs den danske kyst (>10.000 på verdensplan), hvilket afspejler en stor diversitet [1]. Optimal vækst og udbytte kræver gode lysforhold, adgang til de rette næringsstoffer, korrekt temperatur og saltkoncentration. Mange af disse forhold er ikke ens i de danske farvande. F.eks. stiger saltkoncentration typisk fra øst til vest. Optimalt udbytte og kvalitet kræver derfor tilpasning til den givne lokalitet. De fleste tangarter har behov for en eller anden form for forankring (sten eller liner). Størrelsesmæssigt er nogle arter små, fra få mm til cm, mens andre kan blive over 50 meter lange og danne såkaldte tangskove. Der er mange måder at inddele og kategorisere tang, men ofte benyttes tre hovedgrupper: brun, grøn og rød. I Tabel 1. ses inddeling med tilhørende eksempel, herunder både latinsk- og mere alment anvendt navn. Dyrkning af tang kræver specielt udviklet udstyr og materialer. Dette behandles separat i kapitel fire i denne rapport.

**Tabel 1.** Inddeling af tangarter og illustrative eksempler.

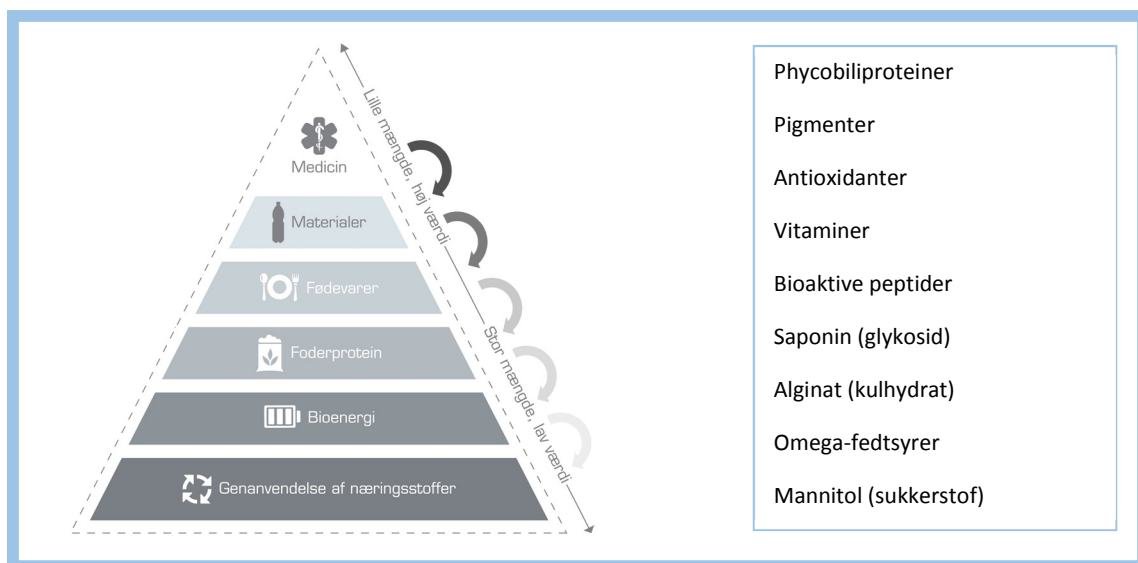
Algetype/art	Brun	Grøn	Rød
<b>Latinsk navn</b>	<i>Saccharina latissima</i>	<i>Ulva lactuca</i>	<i>Palmaria palmata</i>
<b>Alment navn</b>	Sukkertang	Søsalat	Søl
<b>Billede</b>			

På et areal svarende til en fodboldbane, kan der dyrkes op til 25 tons tørstof. Dette kan sammenlignes med korn, hvor udbyttet på samme areal typisk vil være ca. 4,5 tons. Et tons produceret tang betyder, at der fjernes ca. 40 kg. kvælstof og 5 kg. fosfor fra havmiljøet. Samtidig fikseres store mængder af CO<sub>2</sub>.

### 2.2 Sammensætning og værdistoffer

Tang indeholder en række værdistoffer, herunder kulhydrater, fedtstoffer, proteiner, vitaminer, pigmenter og mineraler. Foruden type/art varierer sammensætningen (og dermed også værdistofferne) i tang med årstid og dyrkningsforhold. Dette gør det meget svært at generalisere omkring indhold. Overordnet har tang dog et højt vandindhold (80-90%) samt et højt aske/mineralindhold (op til 30%).

Tang indeholder en række komponenter, som har vist positive effekter på human sundhed [2] og en del af disse komponenter anvendes allerede i dag som fødevaringredienser [3], specielt udnyttes kulhydrater, som f.eks. carrageenan, alginat, fuciodan med flere. I relation til anvendelse som fødevaringrediens eller tilsætningsstof til fødevarer skal produktet have et E-nummer. F.eks. er E-401 natriumalginat og E-407 betyder carrageenan. Polyfenoler fra tang kan virke som antioxidanter og kan beskytte mod sollys. Højværdistoffer i tang kan med fordel isoleres vha. bioraffinering. Et eksempel er phycobiliproteiner, som findes i visse tangarter. Grundet deres funktionelle egenskab (fluorescerende) har de fundet anvendelse inden for specielt forskning og har opnået salgspriser på 30.000-200.000 kr. pr. gram [4].



**Figur 3.** Eksempel på værdioptimering af tang. Tang indeholder en række værdifulde komponenter, herunder specielle kulhydrater, funktionelle proteiner, farvestoffer samt unikt mono- og polyumættet fedt. Værdien af tang kan optimeres ved, igennem skræddersyede bioraffineringsprocesser, at isolere de meste værdifulde komponenter.

Prisen på tang som råvare varierer meget og er afhængig af en række forskellige parametre som: type/art, kvalitet samt hvorvidt produktet er frisk, frosset eller tørret. Eksempelvis kan importeret sukkertang (friskfrosset) koste omkring 35 kr. pr. kg, mens tørret sukkertang kan koste omkring 450 kr. pr. kg. Tørret trøffel tang kan koste op mod 2.000 kr. pr. kg. [5].

### 2.3 Kommerciel produktion og udnyttelse af tang

Kommerciel udnyttelse af både dyrket tang og opskyllet tang er muligt. I dag dyrkes der årligt omkring 30 millioner tons tang (vådvægt) på verdensplan, med bred anvendelse til foder, fødevarer, medicin m.m. En stor andel dyrkes i Afrika og Asien og ikke i Danmark. Om end tang på nuværende tidspunkt er begrænset har flere virksomheder i Danmark alligevel aktiviteter, der er centreret omkring tang. En række virksomheder importerer tang til Danmark, hvor det forarbejdes til eller indgår i nye produkter. Eksempler er CP Kelco, der udvinder carrageenan fra importeret *Eucheuma spinosum* (rødtang). Nordisk Tang benytter syv forskellige typer af tang i deres fødevarerprodukter som fx tangpesto, tangsennep og tangolie m.fl. [5]. Fermentations Experts anvender fermenteret tang i foderprodukter, hvilket har givet lovende resultater i relation til at reducere antibiotikaforbruget i svinebesætninger [6]. Jens Møller Products, Biosynergy (Skarø Is), samt Mikkeller anvender alle tang i nogle af deres produkter. Kan Danmark formå at dyrke tang af en høj kvalitet og til en konkurrencedygtig pris er der derfor gode muligheder for, at danske virksomheder står klar til at aftage den lokale råvare.





**Figur 4.** Storskala kommerciel tangdyrkning i Asien. Fra oven er det tydeligt at se, hvordan havarealer anvendes til dyrkning af tang (tangmarker). Lignende udformning kan forestilles en række steder i Danmark.

Kun få steder i Danmark dyrkes og høstes der tang. De mest betydningsfulde er opsummeret nedenfor.

#### Dyrkning og høst af tang i Danmark

- Nordisk Tang dyrker blære- og savtang omkring Fornæs på Djursland, se Figur 5. Tangen dyrkes på stensætninger og kun toppen høstes; omkring 10 tons vådvægt pr. år [5].
- Seaweed Société dyrker sukkertang syd for Aarhus på tre lokationer hhv. ved Fl jlstrup strand, Kysing og Saksild. [7]
- Hjarnø Havbrug dyrker sukkertang ved udløbet af Horsens Fjord. Dette anlæg har en størrelse på næsten 1 km<sup>2</sup> og er pt. det største i Danmark. På nuværende tidspunkt udnyttes kapacitet dog ikke fuldt ud. [8].
- Organic Seaweed har for nylig opnået tilladelse til to kystanlæg på Djursland. Dyrkning og høst af økologisk tang vil foregå på to kyststrækninger på hhv. 2,5 og 1,2 km med dybde ned til 3 meter. Der vil blive taget udgangspunkt i eksisterende tang på stens tningerne, s  blæretang vil være den primære tangart. Der forventes et samlet udbytte på ca. 15 tons pr.  r [9].
- DTU Aqua/Dansk Skaldyrcenter gennemføres tangforskning i forskellig skala i Limfjorden [10].
- I projektet "Makroalge bioraffinering til højværdiprodukter" (MAB4), vil der fra uge 38, 2016 blive dyrket sukkertang nord for Grenå ud for Karlby Klint. Kattegat Seaweed har klargjort to skibe, der skal varetage drift og høst [11]. Der er mulighed for at anlægget kan blive udvidet løbende; fra 0,5 ha i 2016-2017 til 20 ha i 2017-2019 [7].

Angående udnyttelse af opskyllet tang s  anvendes det pt. i mindre omfang, herunder f.eks. ved Solrød Biogasanlæg, hvor det er intentionen at benytte 7.400 tons tang fra stranden [12].



**Figur 5.** Høst af tang omkring Fornæs på Djursland. Foto: Nordisk Tang.

Selv om den aktuelle dyrkning af tang i Danmark er begrænset må dyrkningspotentialerne alligevel betragtes som relativt store. En kraftig ekspansion af tangdyrkning i Danmark virker realistisk, hvis vi ser på vores naboer i nord. F.eks. har Norge i mange år udnyttet tang langs kysterne kommercielt. Senest har norske forskere fremlagt, at der i Norge i 2050 kan dyrkes 20 millioner tons tang. Dette svarer til ca. en 20-dobling af den nuværende produktion. Den estimerede værdi er 40 mia. norske kr. Dette potentiale skal ses i lyset af en mulig 5-dobling af lakseproduktionen. I Norge ses kombineret lakseopdræt og tangproduktion (polykultur), som en god mulighed, da over halvdelen af det foder som fiskene spiser, udskilles igen. Disse næringsstoffer kan opfanges og fikseres i tangbiomassen til videre udnyttelse [13] [14].

#### 2.4 Barrierer og udfordringer for dyrkning og produktion

Der er allerede stor efterspørgsel efter tang på verdensplan, og der findes en omfattende og højt specialiseret industri som udnytter indholdsstofferne i tang til alt fra bioenergi til kosmetik, tekniske produkter, fødevarer samt fødevaringredienser. En af udfordringen for den danske produktion af tang er imidlertid, at produkterne skal afsættes i konkurrence med lande, hvor de grundlæggende produktionsomkostninger er væsentligt lavere. Det er derfor ikke sandsynligt, at den danske tangproduktion vil kunne komme til at konkurrere på pris indenfor produkter, som på verdensplan har et meget stort volumen. I lighed med andre danske primærproduktioner ligger forcen imidlertid indenfor produktion af produkter af særlig høj kvalitet, som kan berettige en merpris. Kvalitet er i den sammenhæng produktets objektive kvalitet, men også indirekte kvalitet som produktionens bæredygtighed, der kan dokumenteres i form af eksempelvis en økologificering. De danske farvande er desuden forholdsvist rene og den danske fødevarerlovgivning er blandt de strengeste i verden. Den høje grad af fødevarer sikkerhed er derfor også en associeret kvalitetsparameter, der kan berettige en merpris.

Den begrænsede kommercielle dyrkning af tang i Danmark skyldes teknologiske-, økonomiske- og lovgivningsmæssige barrierer. En række af disse barrierer er pt. ved at blive behandlet i nationale og internationale udviklingsaktiviteter og -projekter, se bl.a. Tabel 2. I tabellen fremgår det, at projekterne har forskellige formål og fokus. Nogle projekter har aktiviteter omkring høstoptimering og ekstrahering af værdistoffer, mens andre har fokus på konvertering af biomassen til biobrændstoffer.

**Tabel 2.** Eksempler på nationale og internationale projekter med dansk deltagelse omhandlende tang.

Projekt/Initiativ	Støttet via	Formål og fokus
VALSEA - Valorization of red seaweed biomass towards future sustainability	GUDP	Bedre udnyttelse af værdifulde stoffer i rødtang ( <i>Eucheuma spinosum</i> )
SUBLEEM - Generisk pilotanlæg til kaskadeudnyttelse af restressourcer gennem bioraffinering	Grøn Omstillingsfond – Erhvervsstyrelsen	Etablering af et generisk pilotanlæg til kaskadeudnyttelse af biomasse herunder tang
MAB4 - MakroAlge Bioraffinering til Højværdiprodukter	Innovationsfonden	Udvinning af stoffer til foder, fødevarer og hudcremer
Macrofuels	Horizon2020	Fremstilling af "biofuel" (ethanol, butanol, biogas) fra tang

De gældende rammevilkår giver ophav til en række barrierer i relation til dyrkning og afsætning af tang. Om end der er omkring 300-400 forskellige arter af tang i de danske farvande er det ikke alle arter, der er egnet til eller som på nuværende tidspunkt må anvendes til f.eks. fødevarer. "Novel Food" forordningen betyder at fødevarer og fødevarer ingredienser, som ikke hidtil (før 15. maj 1997) har været anvendt til konsum i nævneværdigt omfang i fællesskabet, kræver sikkerhedsvurdering og godkendelse i EU inden markedsføring. Det betyder i praksis, at kun omkring et par håndfulde tangarter på nuværende tidspunkt er godkendt til fødevarer og fødevarer ingredienser. Eksempler på godkendte arter er: sav-, blære- og sukkertang samt søl. Yderligere information omkring "Novel Food" forordningen og hvilke tangarter der er godkendt (opdateres løbende) kan findes hos Fødevarestyrelsen [15]. Er en given tangart ikke på listen skal den igennem en godkendelsesproces, dette kan koste over 100.000 kr.

I henhold til ønske om dyrkning, høst og markedsføring af tang skal en virksomhed (primærproducent) være registreret hos Fødevarestyrelsen [16]. Dertil skal godkendelse fra andre relevante myndigheder også indhentes, herunder Kystdirektoratet (anlæg i havet – typisk fem år) og Naturstyrelsen (Natura 2000-områder).

Omkring økologisk tang, herunder tang fra økologisk akvakultur og fritvoksende tang, der er indsamlet under særlige forhold, gælder der særlige krav i henhold til EU's økologiforordninger. Eksempelvis må dyrkning af økologisk tang ikke foregå nær udløb fra åer og rensningsanlæg, og dertil skal der udføres kontrol for miljøgift, som f.eks. dioxin og tungmetaller. Detaljerede oplysninger omkring krav til dyrkning af økologisk tang kan findes hos Fødevarestyrelsen [17].

## 2.5 Referencer

- [1] Kattegatcentret, 2016. Hvad er alger  
<http://www.kattegatcentret.dk/algecenter-danmark/hvad-er-alger/>
- [2] Brown ES, Allsopp PJ, Magee PJ, Gill CI, Nitecki S, Strain CR, McSorley EM, 2014. Seaweed and human health, *Nutrition Review*, 72(3), 205-16.
- [3] Holdt SL & Kraan S, 2011, Bioactive compounds in seaweed; functional food applications and legislation, *Journal of Applied Phycology*, 23, 3, 543-597.
- [4] Sekar S & Chandramohan M, 2008. Phycobiliproteins as a commodity: Trends in applied research, patents and commercialization, *Journal of Applied Phycology*, 20, 113-136
- [5] Personlig kommunikation, Kristian Ottesen, Nordisk Tang
- [6] Personlig kommunikation, Jens Legarth, Fermentation Experts
- [7] Kystdirektoratet, 2016
- [8] Personlig kommunikation, Anders Pedersen, Hjarnø Havbrug
- [9] Personlig kommunikation, Mette Albrechtsen, Organic Seaweed
- [10] DTU Aqua - Institut for Akvatiske Ressourcer, Forskning - Skaldyr og tang, 2016  
<http://www.aqua.dtu.dk/Forskning/Skaldyr>
- [11] Personlig kommunikation, Kim Olesen, Kattegat Seaweed
- [12] Forskning i Bioenergi, Brint & Brændselsceller, 2014. Nu skal der tang i biogasanlægget, 49, september, side 9
- [13] Naturguide.dk, 2016. Norge vil 20-doble produktionen af tang til bl.a. spisebrug!  
<http://naturguide.dk/norge-vil-20-doble-produktionen-af-tang-til-bl-a-spisebrug/>
- [14] Rosten TW, Paulsen H, Alanära A, Eskelinen U, Bergsson BA & Olafsen T, 2013. Perspectives for sustainable development of Nordic aquaculture: The Paban-Report, Nordic Council of Ministers, TemaNord.
- [15] Fødevarestyrelsen, 2016. Nye fødevarer og fødevaringredienser  
<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Nye-f%C3%B8devarer-og-f%C3%B8devaringredienser.aspx>
- [16] Fødevarestyrelsen, 2016. Tang som fødevarer  
<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Tang-som-foedevare.aspx>
- [17] Fødevarestyrelsen, 2016. Økologilovgivning  
<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Selvbetjening/lovstof/Sider/%C3%98kologi.aspx>

## 3.0 Skaldyr

### 3.1 Indledning

Skaldyr er en samlet betegnelse for krebs- og bløddyr, og indbefatter hvirvelløse dyr med udvendig skal. Fangst af krebs- og bløddyr til konsum foregår i specielle fiskerier. For krebsdyrenes vedkommende er der tale om jomfruhummer- og rejefiskeri. Og for bløddyrenes vedkommende fiskes der primært efter blåmuslinger og østers. Værdien og mængder af danske fiskeres landinger i 2015 var [1]:

- 189 mio. kr. for jomfruhummere – 2.651 tons
- 197 mio. kr. for dybvandsrejer - 5.733 tons
- 63 mio. kr. for blåmuslinger - 45.300 tons
- 117 mio. kr. for andre krebs- og bløddyr – 11.325 tons

I danske farvande foregår der primært kommercielt fiskeri efter de ovenfor nævnte arter, men andre skaldyr tages med som bifangst. Der foreligger således et stort potentiale for bedre anvendelse af den uudnyttede "blå biomasse".

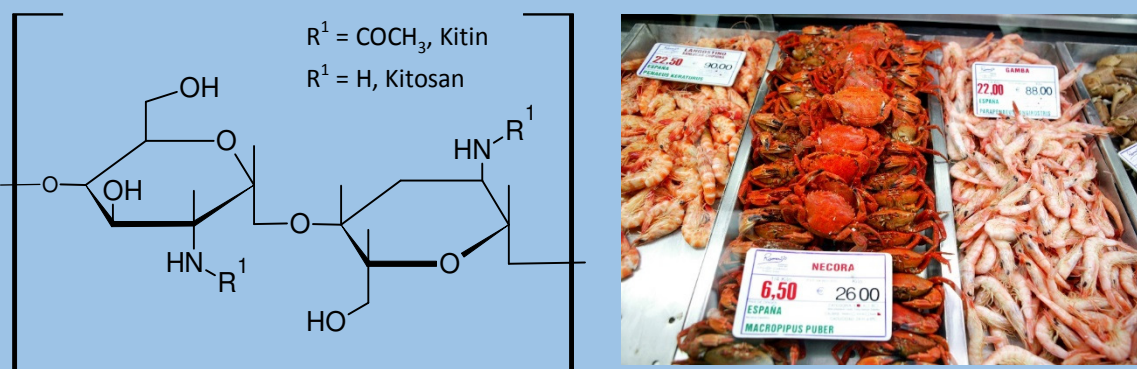
### 3.2 Krebsdyr

Krebsdyr er en undergruppe af skaldyr, der har ekstremiteter, som f.eks. jomfruhummer, rejer og krabber. Krebsdyr kan inddeles i krybende krebsdyr som jomfruhummer og krabber, samt svømmende krebsdyr som rejer. Krebsdyr har yderst et hudskelet eller skal, som indeholder kitin og kalk. Hårdheden varierer mellem de forskellige krebsdyrarter fra bøjelig (rejer) til stenhård (krabber). Skallens rigide struktur er ensbetydende med, at når skallen begrænser krebsdyrets vækst, skifter dyret skal.

Skallen hos skaldyr indeholder **kitin**, et polysaccharid af N-acetylglukosamin enheder. **Kitin** omdannes til **kitosan** ved deacetylering. **Kitosan** har følgende bioaktive egenskaber:

- Antiinflammatorisk [2]
- Antimikrobiel effekt [3]
- Hemostatisk effekt [4]

Kitosan hævdes at virke kolesterolsænkende og slankede ved at binde fedtstof i fordøjelsesprocessen, dette er dog ikke videnskabeligt dokumenteret [5].



Figur 6. Skaldyr indeholder interessante komponenter bl.a. kitin. Foto: Teknologisk Institut.

### 3.3 Jomfruummerfiskeriet

Jomfruummere (*Nephrops norvegicus*) er mindre i størrelsen end en hummer, og er mellem 15-24 cm i længden afhængig af køn og alder. Jomfruummeren er symmetrisk opbygget og rødlig i farven med små hvide torne på klosaksene. Fiskeriet foregår i Kattegat og Skagerrak, hvor jomfruummeren lever på den bløde havbund på mellem 25 og 250 meters dybde. I Danmark fiskes alle jomfruummere med bundtrawl, og fiskeriet foregår primært fra små kuttere. Jomfruummerfiskeriet er underlagt kvoter, men kvoterne bliver ikke udnyttet. Jomfruummerne landes levende på fabrikker, hvorefter de sorteres og pakkes i forskellige størrelser og emballage. Herefter lynfryses størstedelen af jomfruummerne og eksporteres til Italien.



Foto: Teknologisk Institut

Jomfruummeren er den skaldyrart, som der landes den største værdi af i Danmark. Og Danmark er blandt de vigtigste europæiske fiskerinationer, hvad angår landinger af store jomfruummere, hvoraf A/S Læsø Fiskeindustri aftager ca. halvdelen af fangsten.

Det vurderes, at værdiskabelsen i jomfruummerfiskeriet ligger i:

- anvendelse af mindstemålere
- tejnepiskeri
- salg af levende jomfruummer til Sydeuropa
- merværdi af biprodukter.

Tidligere har der foregået et betydeligt udsmid af jomfruummere under mindstemålet. Ved årsskiftet 2016 blev mindstemål for jomfruummer i Kattegat og Skagerrak reduceret, hvilket betyder en forbedret konkurrenceevne for den danske jomfruummerindustri. Mindre jomfruummere kan sælges til supermarkedskæderne, hvilket er et attraktivt segment, som danske jomfruummerproducenter tidligere har været afskåret fra [6].

I dag fanger de danske jomfruummerfiskere for mange torske i forhold til deres kvoter, når de fisker jomfruummer med trawl. Derfor må de sejle i havn før de har fanget de jomfruummere, som de har ret til ifølge kvoten [7].

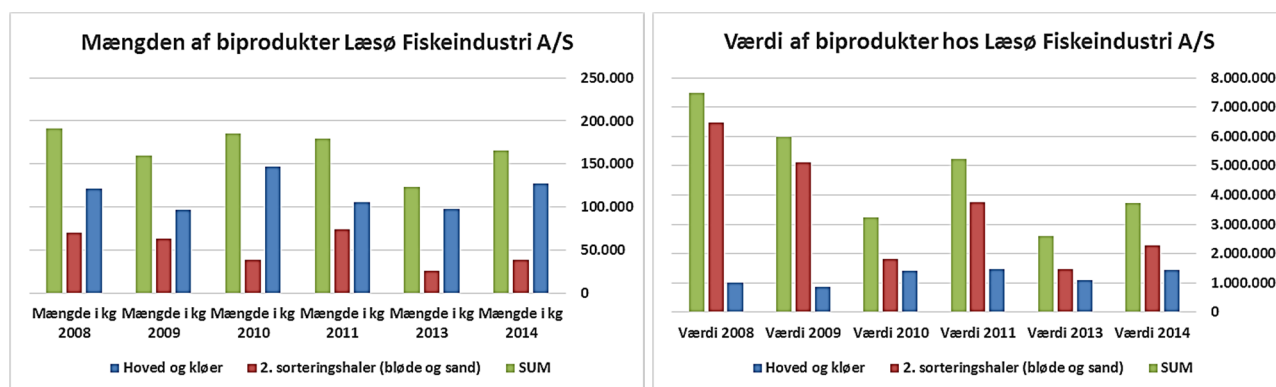
Tejner er et alternativt fangstredskab, som er velegnet til krybende krebsdyr, og tejner er meget selektivt med hensyn til både arter og størrelser, og resulterer i landinger af meget høj kvalitet. I Sverige fiskes en fjerdedel af kvoten med tejner, og tejnefangede jomfruummere opnår en betydeligt højere pris end trawlfangede jomfruummere.

#### Astaxanthin

Astaxanthin er et carotenoid og det pigment, som farver skaldyr røde. Det er naturligt forekommende og stammer fra de mikroalger som skaldyr lever af. Astaxanthin er en antioxidant [8], som menes at have antiinflammatorisk [9] og præstationsfremmende effekt samt at kunne øge fedtforbrændingen [10].

Der ligger et stort potentiale i salg af levende jomfruummer til Sydeuropa, og afregningsprisen for ferske jomfruummere er væsentligt højere sammenlignet med frosne jomfruummere. Den spanske koncern Maresmar, som står bag Hirtshalsvirksomheden Vikingmar, har nyligt startet salg af levende jomfruummere som eksport til Sydeuropa, Fjernøsten og andre oversøiske destinationer.

Det bør også være muligt at øge merværdien af biprodukter, som A/S Læsø Fiskeindustri i dag sælger til Norge for 11,4 kr./kg [11], da biprodukterne indeholder interessante næringsstoffer. Nedenstående Figur 7. viser en samlet reducere af mængden af biprodukter fra 2008 til 2014, men et noget større forholdsmæssigt fald i værdien af disse produkter. Derfor vil det give god mening at udvikle produkter af højere værdi på basis af biprodukterne.



Figur 7. Mængder og værdi af biprodukter fra Læsø Fiskeindustri A/S.

### 3.4 Rejefiskeriet

Den kommercielle fangst af rejer i Danmark er af arterne dybvandsrejer og hesterejer.

#### 3.4.1 Dybvandsrejer

Dybvandsrejen (*Pandalus borealis*) er kendetegnet ved at være rød både før og efter kogning. Størrelsen er op til 17 cm. Dybvandsrejen kaldes også dybhavsreje, koldtvandsreje eller nordsøreje. Den globale fangst af koldtvandsrejer er ca. 250.000 tons (2015), hvoraf hovedparten (85%) fanges langs Grønlands kyst og det østlige Canada af danske aktører som Royal Greenland, Polar Seafood og Ocean Prawns. Herudover leverer lokale kuttere ferske rejer til Launis' fabrik i Skagen. Fangst af dybvandsrejer er reguleret via kvoter.



Foto: Teknologisk Institut.

De store trawlere fanger, sorterer, koger, fryser og pakker rejer ombord. Produkterne er rå og frosne, kogte skalrejer. De frosne, kogte skalrejer bliver efterfølgende hånd- eller maskinpillet på land.

Det vurderes, at potentialet findes i udnyttelse af restprodukter fra rejepilning. Produktion af rejer giver typisk en affaldsmængde på 70%, dvs. at ud af en råvaremængde på 1 tons rejer, bliver der ca. 300 kg færdigkogte rejer til videresalg og 700 kg affald. Det organiske affald fra produktion af rejer består af hoveder

og skaller samt organisk materiale, som under produktion opløses fra kød og indvolde i procesvand. Globalt er der således 175.000 tons restprodukter tilgængelige, hvoraf det forventes, at danskejede virksomheder har tilgang til halvdelen (ca. 87.500 tons).

I dag udnyttes kun en begrænset del af rejeaffaldet. I Grønland udledes den samlede affaldsmængde normalt med spildevandet med undtagelse af en stor del af rejeskallerne hos Royal Greenland Ilulissat. Her anvendes rejeskallerne som råvare til fremstilling af rejemel (ca. 800 tons/år), der afsættes til aromaindustrien.

Potentialet for rejeproduktion, ligger i udnyttelse af de store mængder af rejeaffald, som genereres i processen [5] [12]. Rejeaffaldet indeholder adskillige bioaktive komponenter som kitin, protein, polyumættede fedtsyre, naturlig astaxanthin og marint kalsium [13]. Kitin kan omdannes videre til kitosan og glukosamin [14] [15]. Produktion af kitin, kitosan og glukosamin er relativt enkle og beskrevne processer, og der findes mange producenter af disse produkter på verdensmarkedet hovedsagelig baseret på varmtvandsrejer som råstof. Udvinning af naturlig marin astaxanthin er endnu ikke kommercialiseret, men produktet vil kunne anvendes som antioxidant i helsekostprodukter og som farvestof i økologisk foder til laksefisk og æglæggende høner.

### 3.4.2 Hesterejer

Hesterejers (*Crangon crangon*) farve tilpasses havbundens farve, og er derfor gråligbrun. Den er maksimal 8 cm lang og kaldes også sandreje. Det danske hesterejefiskeri er det tredjestørste inden for EU. Der blev i 2015 landet 2.107 tons hesterejer til en værdi af mere end 52 millioner kr., dette er dog væsentligt mindre end i 2014, hvor der blev landet 3.104 tons (83 mio. kr.). Det danske hesterejefiskeri finder sted i Nordsøen langs den jyske vestkyst fra Thyborøn ned til den dansk/tyske grænse og i perioder også syd for grænsen i internationalt farvand. Der er 28 fartøjer, som i dag har licens til at fiske hesterejer i Danmark. I modsætning til alle andre fiskerier i Nordsøen er hesterejefiskeriet ikke omfattet af EU-bestemte forvaltningsplaner med kvoter etc. Fiskeri efter hesterejen kan foregå hele året rundt, højsæson er forår og efterår.

I Danmark er hesterejer en overset spise til trods for, at de er velsmagende. Det skyldes måske, at hesterejen vedbliver at være grå-rødbrune efter kogning i modsætning til de andre rejer, der bliver lyserøde ved kogning. Potentialet for hesterejer er at øge kendskabet til denne type af rejer, som der i Danmark bliver landet større mængder af end af den velkendte dybvandsreje.

### 3.5 Taskekrabber

Taskekrabben (*Cancer Pagurus*) er store brede krabber med et mørkebrunt ovalt skjold. Bredden af skjoldet er normalt mellem 15-20 cm, men kan blive op til 30 cm. De lever primært på stenbund. Taskekrabber er blevet udpeget som en af de arter, af hvilken et dansk fiskeri kunne udvikles og styrkes.



Foto: Teknologisk Institut.



Tidligere undersøgelser har vist, at udbredelsen af taskekrabber er stor i danske farvande. Den lever i Kattegat, Skagerrak og Nordsøen og holder til på stenede rev, og samtidig er taskekrabber ikke kvotereguleret. I Danmark er der dog ikke tradition for målrettet fiskeri efter taskekrabber, og siden 2006 har Jesper Jensen fra Thorsminde været den eneste krabbefisker i Danmark. I dag fanges krabber primært

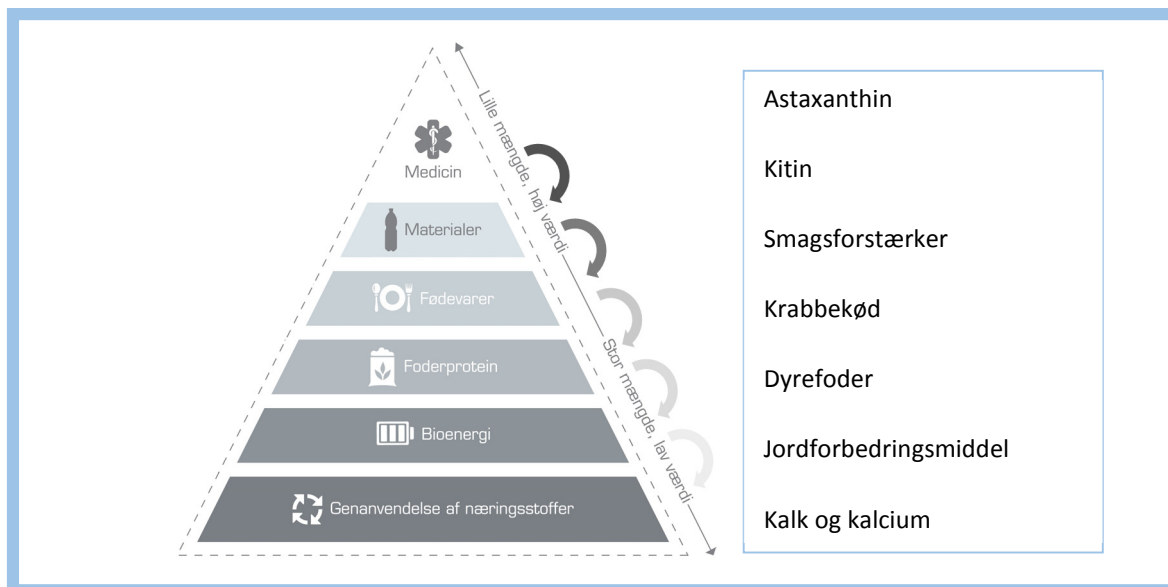
Krabbeskallers næringsstofsammensætning varierer gennem året, som følge af skalskift. Biprodukter andelen er mellem 45-60% af råstofmængden. Disse ressourcer har potentiale som jordforbedringsmiddel, dyrefoder, smagsforstærker eller kitin.

som bifangst i garn- og trawlfiskeriet fra marts til november, og det er kun kløerne fra hankrabberne, dvs. de største klør, som til en vis grad anvendes. Det giver en indtjening for fiskerne, specielt i sommermånederne, hvor priserne er gode. Omsætningen på krabber var 2.8 mio. kr. og niveauet for taskekrabber var 3.9 mio. kr. i 2015 [16].

Den globale fangst af taskekrabber var 47.600 tons i 2012 [17], og det er primært Norge, Irland, Frankrig og England, der lander taskekrabber. Den danske fangst var 136 tons taskekrabber i 2015. Frankrig er det største marked for taskekrabber med et volumen på 14.000 tons i 2008, hvoraf >70% er importeret, svarende til en værdi af over 80 mio. euro pr. år. Det næststørste marked for taskekrabber er Spanien. Spanien producerer kun en mindre del, hvorfor den største del er baseret på import. Det spanske taskekrabbemarked havde en værdi i 2003 på omkring 12 mio. euro [18]. De danske fiskere har mulighed for at øge den danske andel af det globale taskekrabbemarked.

Der ses også stigende markeder for hele krabber og krabbeprodukter i Asien. Det kinesiske markedssegment for skaldyr er stærkt voksende. Der er et meget stort potentiale i Kina for kogte, frosne taskekrabber, dvs. taskekrabber, der sælges som enkeltfrosne efter pasteurisering. Det er alene hunkrabber, der sælges. Disse importeres i høj grad fra andre EU-lande, herunder især Irland og Holland. Prisen pr. kg varierer fra ca. 90 kr. til 120 kr. [18].

Potentialet for taskekrabber ligger bl.a. i et målrettet tejnepfiskeri efter taskekrabber. Jeka Fish bygger nu sammen med Norske Hitramat A/S en ny fabrik til bearbejdning af danske taskekrabber. Kapaciteten i opstartsfasen er 1.100 tons taskekrabber om året, men forventes at stige til 2.000 tons årligt om 5 år. Fabrikken skal ligge ved siden af Jeka Fishs nuværende fabrik på Lemvig Havn og er projekteret til at stå klar i juli 2016. På den nye fabrik i Lemvig forarbejdes taskekrabberne bl.a. til håndpillet klokød, hele kogte krabber og kogte krabbeklør. I højsæsonen fra juli til november vil der være ca. 40 personer ansat. Produkterne er tiltænkt Danmark og de europæiske markeder. Af stor betydning er dog, at kunne levere ferske krabber til det største marked i Frankrig allerede dagen efter bestilling. Dette er ikke muligt for Hiramat fra Norge, der ikke kan fragte krabberne tilstrækkelig hurtigt fra Norge til Frankrig. Endvidere er Korea og Kina nu mulige markeder [19]. Det nye joint venture, Nordisk Krabbe Kompagni, lægger vægt på at udvikle et miljøvenligt og bæredygtigt tejnepfiskeri langs de danske kyster.



**Figur 8.** Værdioptimering og kaskadeudnyttelse af taskekrabber.

Der er også et potentiale i udnyttelse af sidestrømmene i relation til krabbefiskeriet. Dette kan være udnyttelse af proteinprodukter fra rest- og sidestrømme, f.eks. opkoncentrering af udvalgte processtrømme til smagsforstærkere. Desuden er der et uudnyttet potentiale i taskekrabbens skaldele. Selve krabbeskallerne indeholder en række interessante stoffer som mineraler, kalciumforbindelser, farvepigmenter (astaxanthin), kitin, protein og fedt. Skaldelene fra taskekrabber kan omdannes til skalmel, og derved kan denne ressource potentielt benyttes som jordforbedringsmiddel, dyrefoder eller næringsstoffer Figur 8. Krabbemel er et relativt godt indarbejdet produkt på det amerikanske og canadiske marked, mens det ikke produceres i Europa. Udnyttelse og omdannelse af krabbeskaller til krabbemel bliver bl.a. undersøgt i GUDP-projektet "Værdiskabelse af krabbefangst" støttet af NaturErhvervstyrelsen [20].

### 3.6 Bløddyr

Bløddyr er gruppen af skaldyr uden led og lemmer, så som muslinger, snegle og blæksprutter. Skallen hos bløddyr kan i modsætning til krebsdyrenes skal vokse. Derfor afstøder bløddyr ikke skallen, de vokser derimod ved at ligge nyt skalmateriale til den eksisterende skals rand.

Inden for bløddyr foregår kommerciel fangst primært af blåmuslinger og østers i Danmark, og der er store uudnyttede forekomster af højværdimuslinger. Der vil i dette afsnit blive omtalt blåmuslinger, østers, hjertemuslinger, knivmuslinger og konksnegle.

### 3.7 Blåmuslinger

Blåmuslinger (*Mytilus edulis*) er en musling bestående af 2 symmetriske skaller, og muslingen kan blive op til 10 cm lang. Dens ydre skal går fra brunlig til blålig, som blåmuslingen vokser. De danske farvande rummer en stor og naturlig forekomst af blåmuslinger, hvilket gør mange af kystområderne særligt velegnede til fiskeri efter blåmuslinger. Fiskeri efter blåmuslinger foregår i en række udlagte produktionsområder. Disse produktionsområder er kontrolleret, da muslinger kan indeholde giftstoffer, bakterier og virus, som kan overføres til mennesker, og derfor udtages der regelmæssigt prøver af vand og muslinger. I dag fiskes der efter blåmuslinger i Isefjord, Limfjorden og på Jyllands østkyst. Der blev i 2015 landet 45.300 tons blåmuslinger i Danmark, hvoraf 48% stammer fra Limfjorden. Blåmuslingen er den skaldyr art, som der landes den største mængde af i Danmark.



Foto: Teknologisk Institut.

Fiskeri efter blåmuslinger foregår ved at skrabe havbunden, da blåmuslinger er en af de muslingearter, som er fastsiddende. Muslingerne samles i et net, som skylles inden muslingerne trækkes ombord, hvor de køles. Muslinger tåler ikke at blive iset. Muslingerne leveres levende til forarbejdnings industrier (f.eks. Vilsund Blue), der er placeret få timers sejlads fra fangststederne. Disse industrier har specialiseret sig i at rense, sortere og forarbejde muslingerne, som i hovedtræk eksporteres.

Potentialet vurderes at ligge i:

- Muslinger på liner
- Økologiske muslinger
- Merværdi af biprodukter.

Biprodukter som muslingeskaller og kogevand bearbejdes i varierende grad. DanShells A/S producerer hele og forarbejdede muslingeskaller. De anvendes som calciumkilde i foder til fjerkræ, til biologisk rensning for fjernelse af gas og lugtgener og til dekoration af haver og parker, ligesom de er effektive mod sne og isglatte veje. Vilsund Blue A/S producerer smagsforstærkere ved opkoncentrering af kogevandet fra muslinger, og produktet sælges i væske-/juice- eller pulverform. En producent i New Zealand sælger Green Lipped Mussel, som de hævder har en sundhedsfremmende effekt på grund af højt indhold af glukosamin, chondrotrin og omega-3-fedtsyrer.

### 3.8 Østers

Østers (*Ostre edulis*) er i modsætning til de fleste muslinger arter ikke opbygget af to symmetriske skaller. Østersen har en flad skal, som den fæstner til underlaget, og en kraftig, gråbrun skal som er rund og fliget i strukturen. Danske østers er en delikatesse og er i dag nogle af de mest eftertragtede i verden. Fiskeriet efter østers er kvote reguleret, og der blev i Danmark landet 136 tons i 2015. På verdensplan er østers imidlertid en truet art, pga. en bonamia-parasit, som har medført en dødelighed på 70-90% i visse sydeuropæiske lande.



Foto: Teknologisk Institut.

I Limfjorden forefindes der østers flere steder, og eftersom de vokser langsommere end under sydlige himmelstrøg, opnår de en fyldigere smag. Limfjordøsters er derfor eftertragtede på restauranter i Europa.

Der er et potentiale for opdræt af den populære danske østers. Venø Fish Farm ved Limfjorden nord for Struer arbejder med at etablere et opdræt [21].

### 3.9 Hjertemuslinger

Hjertemusling (*Cerastoderma edule*) er en almindelig forekommende musling herhjemme. Hjertemuslingen består af to symmetriske skaller, som er lysgrå og bliver 4-6 cm bred. De lever nedgravet i sedimentet, og er tolerante overfor svingede temperatur og saltindhold. Hjertemuslinger bliver fisket i Limfjorden og fanges med skraber udviklet til dette formål. Hjertemuslingen fiskes kommercielt i Danmark, og er en velsmagende musling. I 2015 blev der landet 7,7 tons hjertemuslinger til en værdi af 36,7 mio. kr., som forarbejdes af bl.a. af Vilsund Blue.

Potentialet ligger i udvikling og udbredelse af hjertemuslingefiskeriet, hvorfra NaturErhvervstyrelsen har udstedt tilladelse til forsøgsfiskeri efter hjertemuslinger i Vadehavet, og forsøgsfiskeriet forventes igangsat i 2016.

### 3.10 Knivmuslinger

De danske farvande er fulde af knivmuslinger, som ikke udnyttes. Den amerikanske knivmusling (*Ensis americanus*) er hyppigst forekommende. Muslingen er 16-17 cm lang og består af 2 lange, smalle, buede, symmetriske, brunlige skaller. Denne musling er en invasiv art, som er kommet hertil med ballastvand i 1980'erne. De lever på lavt vand i tidevandszonen og gemmer sig typisk 20-40 cm nede i havbunden. Et muligt marked for knivmuslinger er Spanien, som årligt importerer for mere end 230 millioner euro af de aflange skaldyr [22].



Foto: Teknologisk Institut.

I Kina kan store, hele knivmuslinger sælges til ca. 80 kr./kg for frosne og til højere priser for levende muslinger. Udfordringen med fiskeri af knivmuslinger er placeringen af muslingen nede i havbunden. Fiskeri i denne dybde ville være indgribende i forhold til havbunden og fauna, og derfor kunne opdræt af knivmuslinger være en mulig vej til at kommercialisere knivmuslinger.

### 3.11 Konksnegle

Konksnegl (*Buccinum undatum*) har et spiralformet sneglehus, som oftest er højresnoet. De bliver op til 10 cm i længde. Konksnegle er meget almindelige i danske farvande ind til den vestlige Østersø (op til en saltholdighed på ca. 15 promille). Sneglene lever ned til 1200 meters dybde på sandet eller blandet bund. De er en vigtig ingrediens i det franske køkken, men udnyttes ikke i særlig høj grad i Norden. Kødet har en fin smag, men konsistensen kan forekomme lidt gummiagtig. I Danmark er der kun noteret landing af 161 kg konksnegle i 2015. Fiskeriet efter konksnegle er dog ved at blive udvidet og otte både, under licens af seafood-supply, fisker nu målrettet efter konksnegle i Kattegat [23].

Der er et uudnyttet potentiale i at fiske konksnegle – ikke kun til eksport, men også for at åbne de nordiske forbrugeres øjne for delikatessen. Et islandsk og færøsk samarbejde støttet af NORA har undersøgt, hvilke fangstmetoder der er de bedste, og har inkluderet en markedsundersøgelse af, hvilke markeder det er mest relevant at afsætte til, udover Frankrig [24]. Dette indbefattede i Europa landene England, Spanien og Polen og for Asiens vedkommende Kina, Korea, Hong Kong og Japan.

### 3.12 Referencer

- [1] Fiskeri i tal, 2016. Danmarks Fiskeriforening Producent Organisation
- [2] Azuma K, Osaki T, Minami S & Okamoto Y, 2015. Anticancer and Anti-Inflammatory Properties of Chitin and Chitosan Oligosaccharides, *J Funct Biomater.*, 6(1), 33–49.
- [3] Kong M, Chen XG, Xing K & Park HJ, 2010. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review, *Int J of Food Microbiology*, 144, 51–63.
- [4] Pogorielov MV & Sikora VZ, 2015. Chitosan as a Hemostatic Agent: Current State, *Eur J of Med. ser B*, Vol. 2, Is. 1, 24-33.
- [5] Mhurchu CN, Poppitt SD, McGill AT, Leahy FE, Bennett DA., Lin RB, Ormrod D., Ward L., Strik C. & Rodgers A, 2004. The effect of the dietary supplement, Chitosan, on body weight: a randomised controlled trial in 250 overweight and obese adults, *A. Int J Obes Relat Metab Disord.*, 28(9), 1149-56.
- [6] FiskeriTidende.dk, 2016.  
<http://fiskeritidende.dk/nyt-mindstemaal-paa-jomfruhummer-har-ikke-ramt-prisen/>  
<http://fiskeritidende.dk/jomfruhummerfiskeriet-har-faet-en-rullestart/>
- [7] Selektive og skånsomme redskaber for fiskeri efter levende jomfruhummere, GUDP, 2016  
<http://naturerhverv.dk/tvaergaaende/gudp/gudp-projekter/2013/effektivt-og-miljoevenligt-fiskeri-af-jomfruhummere/>
- [8] Naguib Y, 2000. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoid, *J Agric Food Chem.*, 48(4):1150-4.
- [9] Lee SJ, Bai SK, Lee KS, Namkoong S, Na HJ, Ha KS, Han JA, Yim SV, Chang K, Kwon YG., Lee SK & Kim YM, 2003. Astaxanthin inhibits nitric oxide production and inflammatory gene expression by suppressing I(kappa)Bkinase-dependent NF-kappaB activation, *Mol Cells.*, 16, 97-105.
- [10] Aoi W, Naito Y, Takanami Y, Ishii T, Kawai Y, Akagiri S, Kato Y, Osawa T & Yoshikawa T, 2008. Astaxanthin improves muscle lipid metabolism in exercise via inhibitory effect of oxidative CPT I modification, *Biochem Biophys Res Commun.*, 366, 892–897.
- [11] Fiskeviden, Trash2Cash  
[http://fiskeviden.dk/?page\\_id=11](http://fiskeviden.dk/?page_id=11)
- [12] Ketnawa S, Martínez-Alvarez O, Gómez-Estaca J, del Carmen Gómez-Guillén M, Benjakul S, & Rawdkuen S, 2016. Obtaining of functional components from cooked shrimp (*Penaeus vannamei*) by enzymatic hydrolysis, *Food Bioscience*, 15, 55-63.
- [13] Gómez-Estaca J, Calvo MM, Álvarez-Acero I, Montero P & Gómez-Guillén MC, 2017. Characterization and storage stability of astaxanthin esters, fatty acid profile and  $\alpha$ -tocopherol of lipid extract from shrimp (*L. vannamei*) waste with potential applications as food ingredient, *Food Chemistry*, 216, 37–44.
- [14] Gildberg A & Stenberg E, 2001. A new process for advanced utilisation of shrimp waste, *Process Biochemistry*, 36, 809-812.
- [15] Valdez-Peña A, Espinoza-Perez J, Sandoval-Fabian G, Balagurusamy N, Hernandez-Rivera A & De-la-Garza-Rodriguez I, 2010. Screening of industrial enzymes for deproteinization of shrimp head for chitin recovery, *Food Science and Biotechnology*, 19(2), 553-557.

- [16] Fiskeristatistik 2015, NaturErhvervstyrelsen.
- [17] Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch.  
<http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?ds=Capture&k1=SPECIES&k1v=1&k1s=2627&outtype=html>
- [18] Loft Eybye, K, 2015. Trash2Cash Delrapport nr. 6.5 Det globale marked for taskekrabber og vækstmulighederne for dansk fiskeindustri  
[http://fiskeviden.dk/wp-content/uploads/2016/03/T2C\\_Delrapport\\_6\\_5.pdf](http://fiskeviden.dk/wp-content/uploads/2016/03/T2C_Delrapport_6_5.pdf)
- [19] Kongsgaard H, 2016. "Jeka klar til den store krabbe-satsning"  
[http://www.food-supply.dk/article/view/251279/jeka\\_klar\\_til\\_den\\_store\\_krabbesatsning?ref=newsletter#](http://www.food-supply.dk/article/view/251279/jeka_klar_til_den_store_krabbesatsning?ref=newsletter#)
- [20] NaturErhvervstyrelsen, GUDP – projekt "Værdiskabelse af krabbebifangst"  
<http://natureerhverv.dk/tvaergaaende/gudp/gudp-projekter/2015-gudp-projekter/bifangst-af-krabber-skal-give-vaerdifulde-foedevarer-og-foder-Ingredienser/>
- [21] NaturErhvervstyrelsen, GUDP – projekt "Dyrkning af østers i Limfjorden"  
<http://natureerhverv.dk/tvaergaaende/gudp/gudp-projekter/2012/fra-oestersfisker-til-baeredygtig-oestersdyrker/>
- [22] Berlingske Business, 2005. "Masser af delikatesser i de danske farvande"  
<http://www.business.dk/diverse/masser-af-delikatesser-i-de-danske-farvande>
- [23] Personlig kommunikation, Poul Petersen, Seafood-Supply
- [24] Magnúsdóttir H, Olsen K, matras H & Örnólfsdóttir EB, 2010. "Konksneglens (*Buccinum undatum*) biologi og udbredelse i farvandet ved Island og Færøerne", HAVSTOVAN NR.: 11-07, SMÁRIT.  
[http://www.nora.fo/fileadmin/user\\_upload/files/13/20120216085411938.pdf](http://www.nora.fo/fileadmin/user_upload/files/13/20120216085411938.pdf)

## 4.0 Polymere materialer i udstyr til fangst, dyrkning og forarbejdning samt emballering af skaldyr og tang

### 4.1 Indledning

Til dyrkning, forarbejdning samt emballering af skaldyr og tang kræves en række materialer med forskellige egenskaber. Disse behandles i dette kapitel, med fokus på polymerer.

### 4.2 Polymere materialer i udstyr til fangst og dyrkning af skaldyr og tang.

De almindeligste fiskemetoder, der anvendes af den danske fiskeflåde i dag er stadigvæk, fiskeri med line, garn, ruse, teje, trawl og snurrevod. Fælles for alle redskaberne er, at de er baseret på liner/tove og net, der i stor udstrækning er fremstillet af polymere materialer. Hjælperedskaber som riste er enten stålrister eller netrister, hvor sidstnævnte ligeledes er fremstillet af polymerer [1,2].

#### 4.2.1 Polymere materialer ved fangst af hummer og rejer

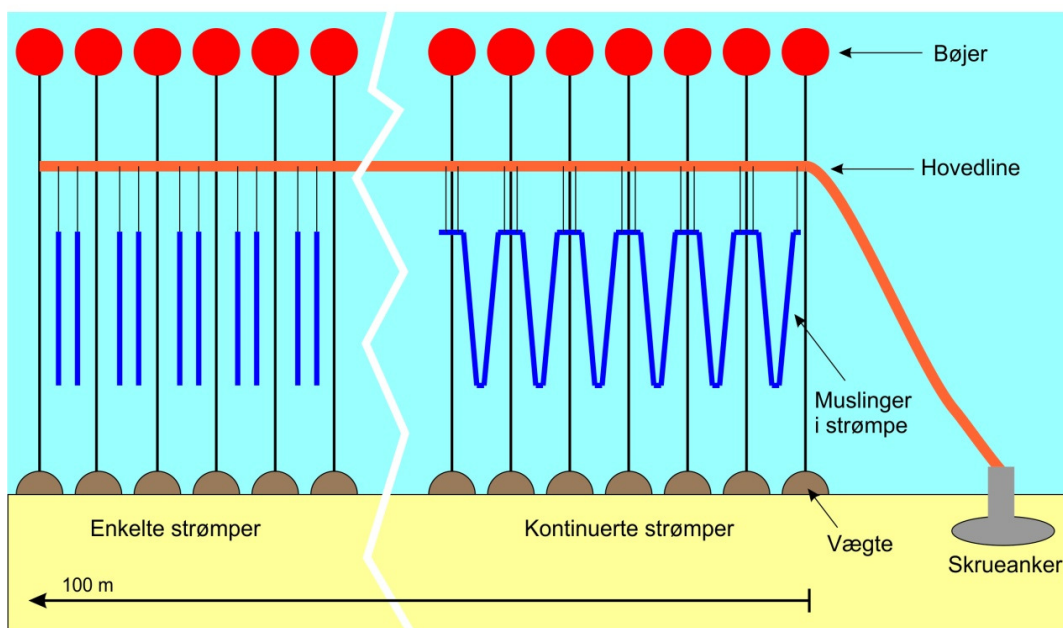
Liner, tove og net er typisk fremstillet af polyamid (PA), polyester af typen (polyethylene terephthalate PET), polyethylene (PE), herunder Ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE), polypropylene (PP) og polyaramid (PAA). Knudløse net fremstilles med fordel af PA, idet den har stor brudforlængelse varierende fra fremragende til meget god afhængigt af polyamid typen, resulterende i at større elasticitet indbygges i nettet. UHMWPE besidder et fortræffeligt styrke/vægt forhold og stivhed, og det er derfor muligt at opnå samme brudstyrke i nettet, men med tyndere tråd, hvorved der opnås en materialebesparelse. Dette medfører, at nettets vægt reduceres, trawlets slæbemodstand reduceres og dermed opnås også en reduktion i brændstofforbruget [1,2]. Introduktionen af højstyrke polymerer som UHMWPE og polyaramide (PAA), i 1980'erne og 1990'erne, har desuden medført at wire og ståltov anvendt i fiskeriet fremstillet af jern nu kan substitueres med disse nye materialer [2]. Der er flere indbyggede egenskaber for de forskellige polymertyper, der endvidere øges eller reduceres afhængigt dels af spindingsprocessen, hvor strækning, varmebehandling, imprægnering mm. spiller ind, og dels af hvordan tråden flettes og knyttes til net og tovværk. Det er vodbinderen der, med kendskab til de enkelte polymer- og garntypers egenskaber, udvælger materialer til specifikke fiskeredskaber [2].

#### 4.2.2 Polymere materialer i forbindelse med dyrkning af muslinger

Blåmuslinger kan dyrkes på forskellige måder, og dyrkningen har været kendt i mange hundrede år. I dette afsnit beskrives kun de i Danmark to mest anvendte metoder; dyrkning på liner og på rør. Oplysningerne om dyrkning er hovedsagelig indhentet fra [3,4].

Et anlæg til opdræt af blåmuslinger består af en serie vandrette hovedliner og er ca. 250 x 750 meter. Hovedlinerne er fæstnet i bunden med skrueankre og bliver holdt oppe af bøjler. Linerne holdes lige i vandet ved hjælp af betonklodser. Fra hovedlinerne hænger der lange tynde net kaldet "strømper". Strømperne er enten kontinuerte og hænger som endeløse guirlander fra overfladen og et par meter ned i vandet, eller som enkelte strømper af 2-3 m længde. Kontinuerte strømper kan være ca. 90 km lange, lidt afhængig af vanddybden under anlægget. Se skitse af anlæg i Figur 9. Et standardanlæg kan producere 400-800 tons muslinger om året.





Figur 9. Skitse af et anlæg til opdræt af linemuslinger. Modificeret efter [5].

Produktionscyklussen må følge de vilde muslingers naturlige cyklus, idet opdrætteren får yngel herfra. Omkring maj-juni, hvor de vilde muslinger gyder, og æggene udvikles til muslingelarver, opsamler opdrætteren larverne på yngelfang. Yngelfang er 5 cm brede bændler.

I løbet af sommeren vokser muslingerne, hvorved langlinerne tynges ned, og der skal bøjes op<sup>1</sup>. Over sommeren kommer der også flere mindre nedslag af larver, der dels øger vægten af bændlerne, dels gør, at ikke alle muslingerne på bændlerne er lige store. I august-september høstes ynglen, der bliver sorteret efter størrelse og derefter overført til strømperne.

Når muslingerne er blevet strømpet, kommer de ud at hænge på anlægget igen. Ved at strømpe muslingerne sikres, at muslingerne har optimale vilkår og derved fås en ensartet størrelse ved høst. Indtil muslingerne har nået høstklar størrelse på ca. 45 mm (efter ca.1-1½ år), skal opdrætteren jævnligt sørge for passende opbøjning, så muslingerne hele tiden holdes fri af bunden. Om vinteren kan det være nødvendigt at bøje ned<sup>2</sup>. Under høsten bliver strømperne trukket op på båden ved hjælp af et transportbånd, og her bliver muslingerne taget af strømperne og fyldt i sække.

Inden for de seneste år er der udviklet et alternativ til langlinerne. Systemet er baseret på rør og net. Rørene erstatter langlinerne, og fra dem hænger net med en maskevidde på fx 20 x 20 cm. Hele processen foregår på nettene, hvilket betyder, at arbejdsstrinnene med omstrømning og opbøjning elimineres. Denne proces er derfor mindre arbejdskrævende. I forbindelse med høsten anvendes specialudviklede maskiner, der kører hen over rørene, hvilket er en af grundene til at dette system kræver større investeringer. Systemet er oprindeligt udviklet i Norge under navnet Smartfarm™. Dyrkning af muslinger på Smartfarm rør er illustreret i Figur 10.

<sup>1</sup> Når muslingerne vokser tynges langlinerne, og der må tilføjes nye bøjer for at holde dem fri fra havbunden, dette kaldes at bøje op.  
<sup>2</sup> At bøje ned vil sige, at tage bøjer af hovedlinerne for at sikre, at alle bøjer kommer under isen. Sidder bøjerne fast i isen, kan hele eller dele af anlægget blive revet med, når isen går.



**Figur 10.** Dyrkning af muslinger på Smartfarmrør. (t.v.) Systemet består af rør, der erstatter langliner, hvorfra der hænger net. (midt) Muslinge vækst på nettet. (t.h.) Scooter til rensning af net. Fotos: Smartfarm [8].

På akvakulturudvalgets anbefalinger blev der i 2012/2013 gennemført forsøg med integreret opdræt af muslinger bl.a. ved Musholm, for at skabe grundlag for at udvide ørredproduktionen, der er havbrugsvirksomheden Musholm A/S kernevirksomhed. I forsøget anvendte Musholm A/S to produktionsfelter på 250 x 750 m med hver 40 Smartfarm rør.

Dyrkning af muslinger på line er relativt billigt, idet udstyret er enkelt, men mere arbejdskrævende end dyrkning af muslinger på rør. Dyrkning af muslinger på Smartfarm rør er mindre arbejdskrævende, men det kræver større investeringer i anlæg og maskiner.

Første produktionsår, 2012, hvor anlægget blev udlagt i marts og blev taget op i oktober, blev der høstet ca. 100 tons, med mange små muslinger på anlægget. Dette var kun 10% af et optimalt forventet udbytte på 1000 tons. Men forsøgets første år viste, at det var muligt at producere blåmuslinger på lokaliteten, og at der kan opnås en mængde af handelsmæssig værdi. Der var dog en del tekniske erfaringer og produktionsmæssige forhold, der efterfølgende skulle tages højde for. Ifølge Anders Lejbach, Musholm A/S (pers. komm. 29 april 2016) var dette bl.a.:

- At der skulle tages højde for isgang ved at lukke vand ind i rørene så disse kunne nedsænkes.
- At skæve træk og vridninger medførte, at de 110 m lange rør havde tendens til at knække, muligvis pga. en for lille godstykkelse.
- At der var nogen tab pga. prædation fra krabber og søstjerner, hvilket dog kunne løses.

I 2013 voksede muslingerne flot henover forår og sommer og forventningerne til årets høst var store, bl.a. da erfaringerne fra 2012 blev anvendt. En stor del af høsten blev dog tabt, da edderfugle slog ned på anlægget i august 2013. Denne form for prædation er vanskeligere at finde en løsning på. Efterfølgende blev anlægget ramt af stormen Bodil i 2013, hvilket resulterede i en del skader på anlægget. Anders Lejbach mener, at muslingeopdrættet samlet set er mere omkostningstungt end forventet. For yderligere detaljer om omkostninger, afsætning og forløb af projektet se [6].

#### 4.2.3 Polymere materialer i forbindelse med dyrkning af tang

Sukkertang dyrkes på de samme anlæg, som dem, man dyrker linemuslinger på. Båden og høstudstyret, som bruges til arbejde på tanganlægget, er det samme, som bruges på muslinge anlægget [7]. Sukkertang kan også dyrkes på Smartfarm rør [8].

Som det fremgår af ovenstående vedrørende dyrkning af muslinger på line, er de mest basale materialer for opdrætteren hovedliner, strømper, langliner, bøjer ankre og betonklodser. Til tangopdrætning anvendes hovedsageligt samme udstyr, men i stedet for strømper anvendes sporeliner og væksttøve. Hovedliner, spore liner og væksttøve er som øvrige liner og tøve nævnt under generelt udstyr hovedsageligt fremstillet af PE, PP, PET og PA. Strømper og bændler er fremstillet af vævet PA. Sporelinerne er tynde, 1,5-2 mm, mens væksttøvene, som sporelinerne vikles omkring, er 6-8 mm tykke [3,7,8]. Dyrkes muslinger eller tang på Smartfarm rør eller lignende er disse rør fremstillet af PE af typen høj densitets PE (HDPE), og nettene af 16 mm PP [8].



**Figur 11:** Dyrkning af tang: (t.v.) sporeline omkring væksttøve, (midt) sukkertang på line, (t.h) Smartfarm til dyrkning af tang i Horsens fjord. Fotos: Dansk Skaldyrscener, DTU Aqua [7]; Teknologisk Institut [33], Henriette Bjerregaard, Århus havkajakklub [34]

#### 4.3 Polymere materialer i forarbejdningsudstyr af skaldyr og tang

Et af fokus områderne for rapporten er, at undersøge om det er muligt at opnå bedre udnyttelse af ressourcerne skaldyr og tang gennem anvendelse af alternative materialer i forbindelse med optimering og udvikling af bl.a. procesudstyr til fødevarerindustrien.

Der har gennem længere tid været fokus på muligheder for omkostningsbesparelser gennem produktion i fødevarerindustrien, hvor slagterier og mejerier er gået først med implementering af nye teknikker, og hvor fiskeriindustrien nu også har fokus herpå. Nogle af de områder hvor der optimeres er automatisering og anvendelse af robotter for effektivisering og effektive køle fryseteknologier bl.a. til fiskeriindustrien.

Når procesudstyr til levnedsmiddelindustrien søges optimeret er det vigtigt at have fokus på de mange interessenter, der spiller ind. I rapporten *"Erfaringer med konstruktionsmateriale til procesudstyr"*, hvor en kortlægning af erfaringer med konstruktionsmaterialer i procesudstyr til fødevarerindustrien er foretaget gøres bl.a. opmærksom på, at der er mindst tre aktører involveret i et procesudstyr; leverandør/sælger, bruger og rengøringsfirma [9]. Dette har indflydelse på gennemførelsen af ethvert materialevalg, også optimering gennem alternative materialer. Der hvor dette faktum måske har størst indflydelse er mhp. at foretage det rigtige materialevalg i forhold til materialets kemiske resistens og hygiejniske design.

Med hensyn til kemisk resistens er det kendt, at der i fødevarerindustrien anvendes meget stærke (både sure og basiske) rengøringsmidler, som materialerne i procesudstyret skal være resistente overfor. Det

vanskeliggør sikringen, at de tre aktører ofte ikke har tilstrækkeligt kendskab til alle væsentlige faktorer: Eksempelvis kender leverandøren ofte hvilke materialetyper og rengøringsmidler, der anvendes, men denne viden kommunikeres ikke videre, idet brugeren ofte ikke kender materialetyperne af de forskellige komponenter i procesudstyret og dermed ikke kan give dette videre til rengøringsfirmaet. Rengøringsfirmaet kender rengøringsmidlerne, men ofte ikke materialetyperne, og de gør rent efter rengøringsvejledninger, som ikke er tilstrækkelig udførlige. Derfor sker det ofte, at materialerne gennemgår en nedbrydning pga. utilstrækkelig kemisk resistens og dermed holder materialerne ikke til den forventede levetid.

Med hensyn til hygiejnisk design kræver europæisk lovgivning, at håndtering, tilberedning, forarbejdning og emballering af levnedsmidler foregår hygiejnisk ved hjælp af hygiejnisk udstyr og i hygiejniske omgivelser (maskindirektivet 2006/42/EC, EN 1672-2 og EN ISO 14159 vedr. hygiejnekrav). Grundlaget herfor ligger bl.a. i produktionsanlægget og der skal derfor stilles en række krav, når nye anlæg etableres eller eksisterende produktion udvides. Generelle hygiejniske designkrav skal stilles til såvel materialer, udstyr og anlæg og for at forbedre de hygiejniske egenskaber spiller faktorer som evnen til at danne biofilm på overfladen, en lukket overflade, rengøringsvenlig design og modstand mod korrosion og/eller udvikling af mere åbne overflader pga. kemikaliekontakt eller mekanisk slid ind.

I fødevarerektoren har der længe været fokus på muligheder for omkostningsbesparelse gennem optimering bl.a. gennem anvendelse af alternative materialer. Ved ethvert materialevalg i fødevarerindustrien er materialets kemiske resistens, rengørbarhed og hygiejnisk design væsentlige faktorer, der skal indgå i en sådan optimering.

Lige gyldig hvilken optimering der ønskes foretaget inden for procesudstyr til fødevarerindustrien, om det er inden for automatisering, køle-fryseteknologi eller andet vil disse forhold have indflydelse på optimeringen. Kombineres disse områder vil der være mange muligheder for optimering af forskellige komponenter til procesudstyr gennem avancerede materialer. I det følgende gives to eksempler på dele af procesanlæg der, iflg. Jon Kold, Staalcentrum (personlig kommunikation. 15. dec. 2015) ønskes optimeret, hvor der også skal tages højde for disse forhold.

Eksempel 1: Transportkæder til frysetunneller eksempelvis til frysning af skaldyr:

Hans Jensen Engineering K/S producerer bl.a. frysetunneller til fødevarerindustrien i hele verden, også frysetunneller til skaldyr. I frysetunnellerne anvendes kæder af stål- eller rustfrit stål, som vist i Figur 12. For at mindske friktion og rivning skal der anvendes en smørelolie på kæderne. Teknisk set fremstilles og leveres automatiske smøre-systemer, men disse bliver ofte negligeret i den daglige drift og vedligeholdelse. Dette giver anledning til korrosions problemer. Grundet de lave temperaturer bliver olie fast og der kan opstå problemer med små flyvende oliepartikler, der som støv kan forurene fødevarerprodukterne i frysetunnellen.

Problemstillingen er åben og der ønskes en løsning, hvor materialet helt eller delvist substitueres med alternative materialer, hvor bl.a. selvsmørende polymerer er relevant at undersøge, hvorved forurening af fødevarer undgås og vedligeholdelse forenkles.



**Figur 12.** Dele til kædeled til transportkæder til frysetuneller. Foto: J. Kold, Staalcentrum.

**Eksempel 2: Rørbærer:**

NGI A/S er en af verdens førende producenter af certificerede, hygiejniske maskinsko til fødevarerindustrien. De har et tæt samarbejde med maskinbyggere og førende brandowners i fødevarerindustrien og har derfor kendskab til både de specielle forhold relevant for de enkelte brancher, og generelle ønsker om reducerede produktionsomkostninger, mindske miljøbelastningen og højere hygiejnekrav, som er relevant inden for hele fødevarerindustrien.

I Figur 13. ses en rørbærer fra NGI A/S støbt i rustfrit stål. Emnet er en del af NGIs hygiejniske konstruktioner. Den anvendte støbeprocess giver en overflade, der er let at rengøre, men grundet krav i EHEDG<sup>3</sup> guidelines til en maksimal ruhed på Ra 0,8 µm kan den ikke certificeres. Der er ikke samme krav til ruhed, når der er tale om materialer af polymerer.



**Figur 13.** Rørbærer fra NGI A/S. Foto: J. Kold, Staalcentrum.

<sup>3</sup> **European Hygienic Engineering & Design Group (EHEDG)** er et konsortium af udstyrsproducenter, levnedsmiddelindustrien, forskningsinstitutter og offentlige sundhedsmyndigheder. EHEDG har bl.a. fremsat guidelines til fremme af hygiejne i forbindelse med forarbejdning og emballering af levnedsmidler, som levnedsmiddelindustrien ofte kræver at udstyrsproducenter efterlever.

Endvidere er der også en problemstilling med den blå silikone pakning. Fra et designmæssigt synspunkt synes den ikke at give en acceptabel overgang mellem pakning og metal, hvilket vil kræve en justering af design. Tillige har testinstitutterne erfaring med, at silikone ikke altid er et velegnet materiale som pakning. Derfor bør alternative pakningsmaterialer testes. Konceptet bør afprøves som en rørbærer, der kan certificeres.

#### 4.4 Polymere materialer til emballering af skaldyr og tang

Et af formålene med rapporten er et særligt fokus på "avanceret emballage" for opnåelse af bl.a. forlænget holdbarhed af det emballerede produkt. Forlængelse af lagerstabiliteten og holdbarheden for frisk fisk og skaldyr er specielt udfordrende pga. den unikke natur af produktet.

De mange varianter af fisk og skaldyr har vidt forskellig karakteristisk, og dermed stilles meget forskellige krav til emballeringen.

##### 4.4.1 Råvaren – fisk og skaldyr

Nogle af hovedfaktorerne bestemmende for holdbarheden af fisk og skaldyr inkluderer enzymatisk og mikrobiel aktivitet og kødets sammensætning, der bl.a. giver mulighed for oxidation. Holdbarheden afhænger derfor af faktorer som temperaturer, pH, iltkoncentration og fiskens fysiologiske form og stress niveau kort inden dens død.

Kødet i fisk og skaldyr indeholder meget lidt eller slet ingen kulhydrater, hvilket medfører, at de bakterier der er til stede i fiskens gæller og indvolde meget hurtigt begynder at påvirke proteinerne i vævet [10]. Nogle skaldyr har et højt kulhydratindhold, og et lavt nitrogenindhold, hvilket er en næringskilde for mikrobiel vækst. [11]

Enzymerne i kødet nedbryder vævet. Det høje vandindhold i vævet på fisk og skaldyr har en neutral pH værdi; det er hverken surt eller basisk, hvilket medvirker til den hurtige bakterielle og enzymatiske nedbrydning, der resulterer i dannelsen af en række stoffer, der giver dårlig fisk den karakteristiske og ubehagelige lugt. Alle saltvandsfisk og nogle ferskvandsfisk indeholder molekylet trimethylamin oxid (TMAO) og nogle af de bakterier, der nedbryder fisken, er i stand til via en enzymatisk reaktion at omdanne TMAO til trimethylamin (TMA), der er det stof, der giver dårlig fisk dens karakteristiske lugt [10,12].

Endvidere varierer fedtindholdet i fisk og skaldyr meget; fra mindre end 1% (f.eks. i torsk og kuller) op til 30% (f.eks. sild og makrel). De meget fedtholdige produkter er følsomme overfor oxidation via luftens ilt, idet de har et højt indhold af polyumættet fedt, hvorved de harsker hurtigt. Harskningen medfører dannelse af ildelugtende og ildesmagende harskningsstoffer [13].

##### 4.4.2 Krav til emballagen

Den vigtigste rolle for fødevareremballagen er at beskytte fødevarerproduktet fra udefrakommende indflydelse og give forbrugeren information mht. ingredienser og næringsværdi [14].

Fødevareremballeringen skal opbevare fødevaren på en kost-effektiv måde, der tilfredsstillter forbrugers krav, opretholder fødevarerens sikkerhed og minimerer miljøbelastning, samtidig med at emballeringen er teknologisk mulig [10, 11, 14]. Behovene ændrer sig og forbrugers krav går i dag langt ud over de generelle kvalitetskrav. Kravene til forpakningen og funktionen heraf inkluderer derfor følgende:

1. Opbevare og beskytte
2. Holde produktet friskt– kvalitet og smag skal bevares så længe som muligt
3. Bidrage til "naturlige" produkter, dvs. uden konserveringsmidler
4. Bidrage til så lang holdbarhed som muligt
5. Nem tilberedning (nem at tilberede, kort tilberedningstid, færdigretter)
6. Attraktiv emballage (formidling af forskellig information, eks. holdbarhed, næringsværdi, miljøbelastning i forbindelse med dyrkning, opdræt eller fangst, forslag til tilberedning).

Som et eksempel hvor emballagen opfylder disse krav specielt mhp. forlænget holdbarhed er den kendte torskerogn, muslinger og fiskeboller i luge fra Bornholms, vist i Figur 14., der tidligere blev leveret til forbrugerne i tindåser. Bornholms konverterer nu de fleste af deres emballeringsløsninger til plastdåser, som RPC Superfos har hjulpet med at udvikle. Den nye type emballage har et nyt iltbarriere lag, der medfører, at produktet får en holdbarhed på min. to år ved stuetemperatur. RPC Superfos og Bornholms forventer dog, at de kan forlænge holdbarheden af produktet i den nye emballage til tre år, hvilket er fordelagtigt for oversøiske eksportvarer, der således kan holde sig selv ved langvarig transport og fortoldning. Emballagen giver også andre fordele; bl.a. giver plastmaterialet flere designfriheder, hvilket betyder, at dåsen nu er svagt konisk. Dette betyder, at der kan stables flere pakker ovenpå hinanden, hvilket er med til at reducere virksomhedens carbon footprint (CO<sub>2</sub> udledning), idet der kan spares 200,000 km/år i transport [15].



**Figur 14.** Ny plastemballage emballerer den kendte torskerogn, muslinger og fiskeboller fra Bornholms og erstatter de gamle tindåser. Foto: RPC Superfos [15].

Pakning af fødevarer i modificeret atmosfære (MAP), er yderligere en metode hvor disse krav opfyldes og specielt for fisk og skaldyr, er MAP nøglen til lang holdbarhed. I det følgende ses derfor nærmere på MAP som emballeringsmetode, herunder MAP-gassernes sammensætning og materialer, der anvendes til MAP.

#### 4.4.3 Emballeringsmetode – MAP

MAP indebærer at produktet er pakket ved en bestemt gasblanding og forsejlet med en polymerfilm, hvor gasblandingen er forskellig fra luftens sammensætning, uden at anvendelsen af disse gasser er farlige. Pakning i modificeret atmosfære forhindrer eller begrænser fysiske, kemiske, enzymatiske og mikrobielle nedbrydningsprocesser, som forringer kvaliteten af rå og forarbejdede fødevarer. Det ønskes ofte at generere en atmosfære med lavt  $O_2$  og højt  $CO_2$  indhold for således at influere de emballerede produkters metabolisme og aktiviteten af mikroorganismer, der forårsager nedbrydning, hvorved lagerstabilitet og holdbarheden forøges [14, 16-18].

En af de store udfordringer er at vælge en passende modificeret atmosfære for at forhindre formering af bakterier, idet nogle mikrober er aerobiske, de trives i ilt, mens andre er an-aerobiske, hvor fravær af ilt fremmer deres vækst. Som en konsekvens heraf er en omhyggelig balance påkrævet. Bl.a. derfor har MAP forskellige blandingsforhold mellem de forskellige gasser, afhængig af hvilke fødevarer der skal pakkes. Andelen af hver gas er fastlagt når blandingen introduceres i emballagen. Der udføres ingen yderligere kontrol af begyndelses-kompositionen, og gassammensætningen ændres med tiden pga. diffusion af gasserne ind i og ud af emballagen, og effekten af produktet og mikrobiologisk metabolisme [14, 16, 19, 20].

En af de store udfordringer i MAP teknologien er at vælge passende sammensætning af den modificerede atmosfære. De mest almindeligt anvendte gasser er nitrogen ( $N_2$ ), ilt ( $O_2$ ) og kuldioxid ( $CO_2$ ), altså de samme gasser der forekommer i luft, men i et andet blandingsforhold – derfor udtrykket modificeret atmosfære.

I MAP er  $CO_2$ , i modsætning til i luft, den vigtigste gas, fordi den både har bakterie- og svampehæmmende egenskaber. Når  $CO_2$  opløses i vand dannes en svag sur opløsning og dette kan forsinke væksten af disse bakterier. Desuden bliver  $CO_2$  mere effektiv ved køleskabstemperatur sammenlignet med stuetemperatur.  $CO_2$  opløses som nævnt delvist og gradvist i overfladen af produktet. Herved fylder den et mindre volumen end i gastilstand, hvorved der sker en sammentrækning af forpakningen. Dette kan føre til, at MAP forpakningerne delvist kolliderer, hvilket sætter en begrænsning i hvor stor en  $CO_2$  koncentration der bruges. At  $CO_2$  opløses i fødevarerproduktet kan også føre til reduceret vandbindingsevne og større væsketab fra fisk og skaldyr.  $N_2$  bliver i MAP sammenhæng kun brugt som inert fyldgas, der ikke trænger ind i produktet, men som forhindrer MAP forpakningen i at kollapse. Som det fremgår af Tabel 3 har de forskellige gasser forskellig funktion.



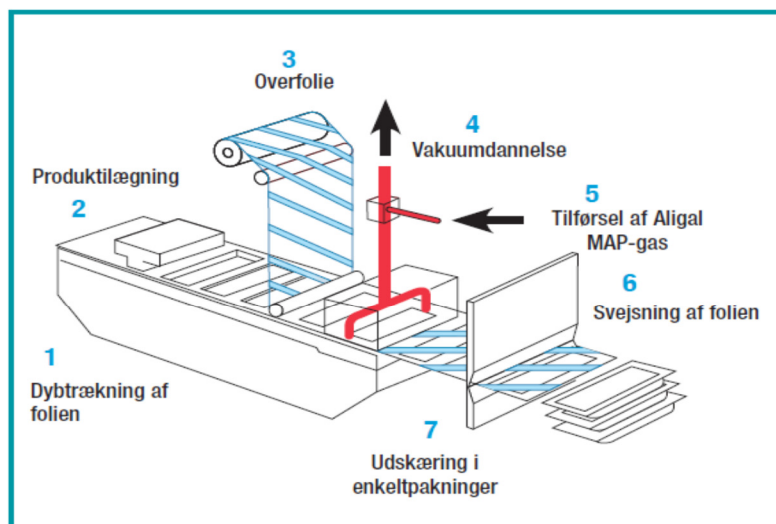
**Tabel 3.** Oversigt over gasser til pakning i modificeret atmosfære [21].

Gasser til pakning i modificeret atmosfære		
Gas	Egenskaber	Virkning
Nitrogen, N <sub>2</sub> E941	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Inert, lugtfri</li> <li>· Svært opløseligt i vand og fedt</li> <li>· Ingen direkte hæmmende mikrobiel virkning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Beskytte mod oxidering begrænser aerobe bakteriers vækst ved at erstatte ilt</li> <li>· Beskytter mod mekaniske indvirkninger ("buffergas")</li> </ul>
Kuldioxid, CO <sub>2</sub> , E290	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mikrobiel hæmmende virkning</li> <li>· Let opløselig i vand, olie og fedt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Antimikrobiel virkning ved er indhold fra 20% i den beskyttende atmosfære</li> <li>· Hæmmer bakterier, gær og skimmelsvampes vækst</li> <li>· Giver pga. opløseligheden sammentrækning af forpakningen</li> </ul>
Oxygen (ilt), O <sub>2</sub> ; E948	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Oxiderende</li> <li>· Opretholder respiration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bevarer kødets naturlige farve</li> <li>· Forhindrer formering af anaerobe bakterier</li> <li>· Sikrer respirationen i frisk frugt, salat grøntsager, mm.</li> </ul>
Argon, Ar, E938	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Inert, lugtfri</li> <li>· Dobbelt så opløseligt i vand som nitrogen</li> <li>· Fem gange bedre opløseligt i fedt end nitrogen</li> <li>· 1,4 gange højere densitet end nitrogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Beskytter mod oxidering</li> <li>· Hæmmer enzymatisk nedbrydningsreaktioner</li> <li>· Reducerer respirationshastigheden ved vegetabiliske råvarer</li> </ul>
Helium, He, E939	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Findes næsten ikke i luften</li> <li>· Lille molekylestørrelse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Gør det muligt at finde utætheder i forpakninger</li> </ul>
N <sub>2</sub> O, Dinitrogen, (lattergas), E942	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Farveløs, let sødlig lugt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Anvendes som drivmiddel til flødeskumsdispensere</li> </ul>

Koncentrationen af CO<sub>2</sub> i den modificerede atmosfære i emballagen for rå fisk skal være over 20% og er typisk omkring 50%, for at opnå en effektiv inhibering af væksten af aerobiske bakterier. Ilt anvendes til råt kød og mager fisk for at bevare den røde farve i råt kød og for at bevare farven af fiskekødet og reducere dryptab i fisken. I MAP forpakningen af fed fisk anvendes mindst mulig O<sub>2</sub>, da denne medvirker til oxidation (harskning) og endvidere fremmer væksten af aerobe nedbrydnings-bakterier. Eksempelvis kan den modificerede atmosfære i emballagen for ikke-fed fisk være på 30/40/30% af hhv. O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, hvor den i emballagen for røget og fed fisk typisk er 40-60% CO<sub>2</sub> balanceret med N<sub>2</sub>.

Fisk og skaldyr, som eksempelvis rejer, pakkes i en atmosfære der typisk kun indeholder CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub>. På denne måde, under korrekte betingelser m.h.t. køling, kan holdbarheden af rå fisk og skaldyr fordobles eller endda tredobles fra få dage til to til tre uger i nogle tilfælde [12].

MAP kan foregå på forskellige pakkemaskiner afhængigt af hvilket produkt og dermed hvilken emballage type der fremstilles. Eksempelvis termoformes foliebakker direkte i en dybtrækningsmaskine som vist i Figur 15, og derefter forsejles med en overfolie.



### Dybtrækningsmaskine

**Figur 15.** Skitse af dybtrækningsmaskine fra Air Liquide [21].

Et illustrativt eksempel på hvorledes MAP foregår, kommer fra svenske Lerøy Smögen, der bl.a. emballerer fisk og skaldyr. Når lakseskiver til pålæg emballeres starter MAP forpackningsprocessen med, at laksen skæres på skæremaskine, hvorefter lakseskiverne via transportbånd overføres til termoformningsanlægget. Lakseskiverne lægges manuelt i termoformbakkerne, emballagen evakueres for luft og fyldes med en gasblanding af CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, imens en fleksibel polymerfolie varmesegles på bakkens flange, hvorved forpackningen lukkes. Bakkens flange er 350 µm APET/PE og overfolien, er 65 µm OPA/PE. Via forseglingsprocessen opnås et rest O<sub>2</sub> niveau på mindre end 0,5% hvorved en holdbarhed på 21 dage ved maks. 5°C kan opnås [22].

I Danmark er Jeka Fish i Lemvig startet op med at producere taskekrabber i samarbejde med den norske krabbevirksomhed Hiramat, jf. også afsnit 3.5. På den nye fabrik i Lemvig forarbejdes taskekrabberne bl.a. til håndpillet klokød, hele kogte krabber og kogte krabbeklør. Af stor betydning er, at Jeka også kan levere ferske krabber til det største marked i Frankrig allerede dagen efter bestilling. Dette er ikke muligt for Hiramat, der ikke kan fragte krabberne tilstrækkelig hurtigt fra Norge til Frankrig. Endvidere er Korea og Kina nu mulige markeder for levering af krabber fra Jeka [23].

MAP teknologien kan være af afgørende betydning for, at krabberne kan emballeres og leveres til flere markeder og markeder der ligger længere væk. Eksempelvis er en vejledende MAP gasblanding for kogte krabber på 30% CO<sub>2</sub> og 70% N<sub>2</sub>, jf. Tabel 4 [21].

Andre sammensætninger af gasblandinger til MAP forpackning af krebsdyr, herunder krabber, og bløddyr er eksempelvis på 40% CO<sub>2</sub>, 30% O<sub>2</sub> og 30% N<sub>2</sub> eller 40% CO<sub>2</sub> og 60% N<sub>2</sub>, hvor dryptabet reduceres, hvis der anvendes oxygen. Niveauet af CO<sub>2</sub> og forholdet mellem gas og produkt er den afgørende faktor for den observerede lagerholdbarhed [12].

**Tabel 4.** Anbefalede gasblandinger for fisk og skaldyr [21].

Fisk og skaldyr					
Produkter	Atmosfære			Temperatur	Holdbarhed (vejledende)
	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>		
Fiskefilet, frisk	50%	50%	-	2°C	5 dage
Hel fisk, frisk	50%	50%	-	4°C	12-15 dage
Krabber, kogte og afskallede	70%	30%	-	4°C	5-6 dage
Sild/ makrel/ ål/ laks	70%	30%	-	4°C	1 måned
Muslinger, ferske	-	10%	90%	4°C	7 dage

For levende blåmuslinger er der ligeledes nævnt forskellige gasblandinger i forbindelse med succesfuld MAP forpakning. Et eksempel er hvor muslingerne forpakkes med en gasblanding sammensat af 50% O<sub>2</sub> og 50% CO<sub>2</sub>, og en smule havvand. Ilten sørger for, at muslingerne holdes i live samtidig med at CO<sub>2</sub> både reducerer mikrobiel vækst og danner undertryk i forpakningen (idet en del af gassen opløses), hvorved muslingerne forbliver lukkede indtil forpakningen åbnes [12, 24]. Et andet eksempel kommer fra Aligal [21], der producerer og leverer MAP gasblandinger til fødevarerindustrien, hvor en vejledende gasblanding på 90% O<sub>2</sub> og kun 10% CO<sub>2</sub> anvendes til ferske muslinger, jf. Tabel 2.

Som en illustration af dette oplyser Vilsund Blue, at friske muslinger, rensede og MAP pakket på deres fabrik i Løgstør, har en holdbarhed på 7 dage, når de opbevares på køl ved 2-7°C [25]. I Figur 16 ses Vilsund Blues friske MAP pakkede muslinger. Smokey Bay Seafood Company leverer levende muslinger ligeledes MAP pakket med en klar polymerfilm, der tillader muslingerne at ånde, hvilket forlænger holdbarheden yderligere til 17 dage fra høst [26].

Nylige fremskridt i design og fremstilling af polymerfilm med et meget bredt interval af gas-diffusions karakteristikker, har yderligere stimuleret interessen for MAP af friske produkter [14]. Endvidere har MAP den fordel, i modsætning til kemisk konservering, at der ikke efterlades rester af konserveringsmidler og der er kun lille miljømæssig påvirkning, specielt hvis de plastfilm og materialer der anvendes kan genbruges.



**Figur 16.** Friske muslinger fra Vilsund Blue. Muslingerne er rensede og MAP pakket, hvorved en holdbarhed på 7 dage opnås. Foto: Vilsund Blue [25].

#### 4.4.4 Materialevalg til MAP

Sammensætningen af atmosfæren i MAP emballagen er resultatet af interaktionen af et antal faktorer, der inkluderer permeabilitets-karakteristikken af emballagen, respirationen af produktet og det omgivende miljø. Polymerfilmene, der udgør emballagen, udvælges pga. deres specifikke permeabilitets-karakteristik og ændringer af karakteristikken med tiden, temperaturen og luftfugtigheden følger kendte fysiske love. Endvidere kan miljøet til en vis udstrækning kontrolleres for at skabe specifikke betingelser [14, 27-29]. I kontrast til disse kendte og kontrollerede faktorer er de ofte ukendte og ukontrollerbare reaktioner i forbindelse med emballeringen af produktet, her frisk/levende fisk og skaldyr, der også skal tages højde for ved udvælgelsen af filmen.

MAP er en dynamisk proces, hvor respiration af produktet og permeation af gasser gennem emballagens film sker samtidig. Polymerfilmene, der udgør emballagen, udvælges bl.a. pga. deres specifikke permeabilitets-karakteristik.

Den ønskede filmkarakteristik for polymerfilm til MAP afhænger derfor af respirationshastigheden af produktet ved transit og lagertemperaturen, og af kendte optimums koncentrationer af ilt og kuldioxid for produktet resulterende i optimale atmosfærebetingelser i en defineret tidsperiode.

For de fleste produkter skal en passende film være meget mere permeabel overfor CO<sub>2</sub> end overfor O<sub>2</sub>. De vigtigste faktorer at tage i betragtning ved udvælgelsen af film til emballering er:

1. Typen af emballering (dvs. er det en fleksibel pose eller en semifleksibel bakke).
2. De krævede barriere egenskaber (dvs. permeabiliteten af individuelle gasser og gasblandinger når mere end en gas anvendes).
3. De kemiske, fysiske og mekaniske egenskaber, dvs. bl.a. styrke, holdbarhed, og transparens samt procesbarhed på valgte produktionsanlæg.
4. Integritet og pålidelighed af lukningen (varmeforsegling).
5. Antidug egenskaber af filmen for at imødegå resultatet af respiration fra produktet.
6. Vanddamps transmissions hastighed, evalueres via en WVTR måling.
7. Kemisk resistens/ modstandsdygtighed.
8. Ikke-toksisk og kemisk inert.
9. Printbarhed.
10. Kommerciel og økonomisk gennemførlig.

Følgende eksempel illustrerer hvilke krav til MAP bakkematerialer, der yderligere fokuseres på, når ovenstående primære krav er opfyldt. Marine Harvest (Benelux), en af verdens førende fiske- og skaldyrproducenter, hjalp deres kunde, retailer Albert Heijn, der ønskede et redesign af emballagen til alle deres fødevarer; frisk kød, fjerkræ og fisk, vist i Figur 18a.

Et af designkravene var, at bakken skulle være fuldstændig transparent for at formidle produktets friskhed. For at opfylde dette krav skal amorf PET (A-PET) anvendes. A-PET er dog ikke altid let at forsegle. Færch Plast's nye forpakning af MA-PET, mono amorf PET giver dog både forbedret transparens og god forseglingssevne. Endvidere er det fordelagtigt, at MA-PET bakkerne er stivere end konventionelle polypropylen (PP) bakker. Dette betyder, at de ikke deformeres så let, hvorved transporten lettes. Yderligere fordele ved MA-PET, der støtter materialevalget er:

- 1) at bakke materialet er enkelt-lags. Dvs. det er fremstillet af et enkelt lag materiale i modsætning til andre bakkematerialer, der som nævnt kan være flerlags; eks A-PET/PP. Det betyder, at emballagen kan genbruges. MA-PET er således fremstillet af genindvundne materialer og kan også genanvendes efter endt brug. Tilsammen giver dette betydelige miljømæssige fordele.
- 2) at MA-PET bakkerne med kun få justeringer, kan forsegles på forseglingsmaskiner oprindeligt fremstillet til APET.

Eksemplet er hentet fra [30]. Efterfølgende har Færch Plast fået europæisk patent på MA-PET, jf. Figur 17, [31].



**Figur 17.** Den transparente bakke og folie til emballering af alle tre linier af Albert Hejn fødevarer: Frisk kød, fjerkræ og fisk (venstre). Den transparente og klare emballage er fremstillet af mono amorf PET (højre) Emballeringsystemet har fået europæisk patent og har endvidere den fordel, at det kan genanvendes. Fotos: Færch Plast [30].

Næsten 90% af materialerne der anvendes i MAP består af flexible polymerfilm, hvor papir, pap, aluminiumsfolie, metal og glasbeholdere udgør de resterende 10%. Plastfilmene i MAP er eksempelvis lavdensitets polyethylen (LDPE). Linear-lav-densitets polyethylen (LLDPE), HDPE, PP, polyvinyl chlorid (PVC), polyester, dvs. PET, polyvinyliden chlorid (PVDC) nylon, dvs. PA og andre passende film. Selvom MAP-emballeringsindustrien har et stadig større udvalg af film til emballering er de fleste forpackninger til emballering af friske produkter stadig konstrueret fra fire basis polymerer: PVC, PET, PP og PE [14, 30, 32]. PVDC, PET og PA har så lave gaspermeabiliteter, at de kun er velegnede til produkter med meget lave respirationshastigheder. Dog kan perforering af filmene udvide deres anvendelse til mange andre forskellige produkter [14, 21].

Som det fremgår af ovenstående er der således mange krav at tage hensyn til, som materialets egenskaber skal kunne opfylde, når en emballage konstrueres. En enkeltlagsfolie besidder ofte ikke alle de funktionelle egenskaber, produktet kræver. Derfor anvendes, der fortrinsvis coextruderede og laminerede flerlagsfolier, som kombinerer fordelene ved forskellige materials ønskede egenskaber.

Der findes en del avancerede emballageløsninger på markedet, som med fordel kan anvendes til fisk, skaldyr og tang til konsummarkedet, som dels kan sikre forlænget holdbarhed og friskhed af produkterne og dels bidrage til at specialprodukter bliver tilgængelige for mange slutbrugere i detailhandelen. Fælles for de avancerede emballageløsninger er, at emballagematerialets specifikke karakteristika skal udvælges og tilpasses, således at råvarens og atmosfærens sammensætning indgår i et samspil. Sidst men ikke mindst skal emballeringsprocessen være teknisk mulig således, at kravene til emballagens funktioner opfyldes.

## 4.5 Referencer

- [1] Frandsen, R. P., Krag, L. A., Karlsen, J. D. og Freekings, J. P., 2015. Katalog over selektive redskaber afprøvet i dansk fiskeri - En guide til bedre at undgå uønsket fangst, DTU Aqua-rapport nr. 300.
- [2] Oxvig, U. & Hansen, U.J., 2007. Redskabslære. 2. udg. Fiskericirklen  
[http://www.fiskericirklen.dk/files/Fiskericirklen/Fagboger/PDFer/Redskabsl%C3%A6re/Redskabslaere\\_saml et.pdf](http://www.fiskericirklen.dk/files/Fiskericirklen/Fagboger/PDFer/Redskabsl%C3%A6re/Redskabslaere_saml et.pdf)
- [3] Skaldyrscenrets e-learning - Blåmuslinger  
<http://e-learning.skaldyrcenter.dk/opdraet/blaamuslinger/>
- [4] 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. 312-2016
- [5] Christensen, J.A., 2002. Dyrkning af blåmuslinger i Danmark - ja, hvorfor ikke? Fisk og hav, 54, 42-56.
- [6] Møller, J.H., Teilmann, K., Dalsgaard, N. & Plesner, L.J., 2013 "Anvendelsesmuligheder for produkter fra integreret blåmusling og havbrugsproduktion", Akvakultur Forum, faglig rapport fra Dansk Akvakultur nr. 5.
- [7] Skaldyrscenrets e-learning – Dyrkning af sukkertang  
<http://e-learning.skaldyrcenter.dk/opdraet/dyrkning-af-sukkertang/>
- [8] SmartFarm hjemmeside.  
<http://www.smartfarm.no/?lang=en>
- [9] Kold, J. & Schjøtt, L.: "Erfaringer med konstruktionsmateriale i procesudstyr", 2015. Faglig rapport fra Dansk Materiale Netværk.
- [10] Steeman, A., 2013. Innovations in Seafood Packaging  
<https://bestinpackaging.com/2013/06/24/innovations-in-seafood-packaging/>
- [11] Jami, M., 2013. Fresh Fish Packaging -a presentation for Food Packaging, Institute of Food Science Department of Food Science and Technology, BOKU- University of Natural Resources and Life Sciences, Wien.  
<http://www.slideshare.net/mansoorehjami/fresh-fish-packaging>
- [12] Ohlsson, T. & Bengtson, N., 2002. Minimal processing technologies in the food industry, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- [13] Petersen, K., Nielsen, P.V., Berthelsen, G., Lawther, M., Olsen, M.B., Nilsson, N.H. & Mortensen, G., 1999. Potential of biobased materials for food packaging, Trends in Food Science & Technology vol 10, 52-68
- [14] Mangaraj, S., Goswami, T.K. & Mahajan, P.V., 2009. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruit and Vegetables: A Review, Food Eng Rev, 1:133-158
- [15] RPC Superfos – Seafood: Bornholms converts to plastic  
<http://superfos.com/Cases/Seafood-Bornholms-converts-to-plastic>
- [16] Church, I.J. & Parsons, A.L., 1995. Modified atmosphere packaging technology: A review, J Sci Food Agric 67:143-152
- [17] Gorrish, L.G.M. & Peppelenbos, L.W., 1992. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf-life of respiring food products, Hort. Technology 2:303-309

- [18] Ooraikul, B. and Stiles, M.E., 1991, Modified atmosphere packaging of food, Ellis Horwood Limited, Chichester, UK, ISBN: 978-0-7476-0064-0 (Print) 978-1-4615-2117-4 (Online)
- [19] Church, N., 1994. Development in modified atmosphere packaging and related technologies, Trends Food Sci Technology vol 5:345-352
- [20] Tolle, W.E., 1962. Variables affecting film permeability requirements for modified atmosphere storage of apples, USDA Tech Bull, 1418-1429
- [21] Air Liquide - Aligal® – gas til levnedsmiddelindustrien  
<http://www.airliquide.dk/file/otherelement/pj/bd/28/49/71/aligal%20fp015.dk%20final7274718402466761969.pdf>
- [22] Steeman, A., 2013. Innovations in Seafood Packaging  
<https://bestinpackaging.com/2013/06/30/innovations-in-seafood-packaging-2/>
- [23] Kongsgaard, H., 2016. Jeka klar til den store krabbe-satsning  
[http://www.food-supply.dk/article/view/251279/jeka\\_klar\\_til\\_den\\_store\\_krabbesatsning?ref=newsletter#](http://www.food-supply.dk/article/view/251279/jeka_klar_til_den_store_krabbesatsning?ref=newsletter#)
- [24] Vos, F.A. & Nijhof, M., 2001. Method for packaging mussels and similar shellfish and thus obtained package shellfish, European Patent Application 00202339.8
- [25] Vilsund Blue – Ferske muslinger  
<http://vilsund.com/?id=14&hmenu=7&vhmenu=4>
- [26] Smokey Bay Seafood Products – Live mussels packed in MAP tray  
<http://www.smokeybay.com/musselpacked>
- [27] Mahajan, P.V., Oliveira, F., Montanez, J. & Frias, J., 2007. Development of user-friendly software for design of modified atmosphere packaging for fresh and fresh-cut produce, Innovation Food Science Emerging Technology, 8, 84-92
- [28] Smith, S., Geeson, J. & Stow, J., 1987. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of films and coatings, Hort. Sci., 22, 772-776
- [29] Abdel-bary, E.M., 2003. Handbook of plastic films, Rapra Technology Ltd, Shawbury Shrewsbury Shropshire, SY4 4NR, UK
- [30] Færch Plast - Excellent transparency and sealing properties  
<http://www.færchplast.com/da/inspiration/case-stories/excellent-transparency-and-sealing-properties>
- [31] Færch Plast - Europæisk patent på miljøvenlig prisvinder  
[http://www.færchplast.com/Europ%C3%A6isk\\_patent\\_p%C3%A5\\_milj%C3%B8venlig\\_prisvinder](http://www.færchplast.com/Europ%C3%A6isk_patent_p%C3%A5_milj%C3%B8venlig_prisvinder)
- [32] Ahvenainen, R., 2003. Novel food packaging techniques, CRC press Woodhead Publishing in Food Science and Technology, Cambridge, UK
- [33] Foodculture.dk - Fremtidens fisk er opdrættet  
<http://www.foodculture.dk/produktion/gartneri-og-akvakultur>
- [34] Henriette Bjerregaard, Århus Havkajakklub - Anlæg til dyrkning af sukkertang i Horsens fjord, 2012  
<http://www.aarhushavkajakklub.dk/php/coppermine/displayimage.php?album=201&pos=0>

## 5.0 Marine bioressourcer som husdyrfoder

### 5.1 Indledning

De danske farvande har leveret høj kvalitet og høj værdi husdyrfoder i form af fiskeprodukter til husdyrproduktionen i årtier. Som det fremgår af de indledende afsnit kan muslinger, søstjerner, krabber og tang være potentielle produkter, som kan skabe vækst i eksisterende og nye erhverv. Et af de potentielle markeder for afsætning af disse produkter er som foder til husdyrproduktion og i særlig grad dansk økologisk husdyrproduktion. Markedet for foder karakteriserer sig ved at kunne aftage meget varierende produkter i meget store mængder, en afsætning som i høj grad bestemmes af udbud, kvalitet og i særlig grad pris.

### 5.2 Næringsstofindhold af muslinger, søstjerner, krabber og tang til husdyr

Det er afgørende for brugen af de marine produkter, at indholdet af næringsstoffer er veldokumenterede da foderet meget nøje tilpasses til at opfylde dyrenes behov for næringsstoffer. I de følgende afsnit vil de forskellige produkter blive beskrevet ud fra publiceret data. Som det vil fremgå er kendskabet til muslinger, søstjerner, krabber og tang langt fra komplet ift. de karakteristika som foderstofbranchen behøver for at kunne lade produkterne indgå i husdyrfoder, men der er dog en samlet international litteratur som indikerer nogle interessante anvendelser. En oversigt over produkternes kemiske sammensætning ses i appendiks bagerst i dette kapitel.

#### (a) Muslinger

Muslingers næringsstofindhold er kendetegnet ved en høj proteinandel på 58-66% i tørstoffet, et lavt mineralindhold og et velbalanceret aminosyreindhold [1]. Muslinger fra Limfjorden, som er afskallet, tørret og formalet til muslingemel, har et forholdsvist højt indhold af methionin og lysin og i øvrigt en aminosyreprofil, som minder om fiskemel [2]. Askeindholdet i muslinger er lavere set i forhold til fiskeprodukter, hvilket også stemmer overens med det lavere indhold af mineralerne Ca, P, Na og K. Fedtfraktionen i muslinger er på 12-16% af tørstof og består af en stor andel polyumættet fedtsyrer (PUFA), hvor specielt et højt indhold af omega-3 fedtsyrerne eicosapentaenoic (EPA) og docosahexaenoic (DHA) er tilstede [2, 3]. Muslinger indeholder herudover en stor andel carotenoider, såsom  $\beta$ -caroten, lutein A, zeaxanthin, og xanthofyl herunder astaxanthin [4].

Muslinger i Danmark gyder fra marts til juni, og fangsttidspunktet er afgørende, da der sker en gradvis modning af reproduktions-organerne og øgning i kødvægten henover sæsonen. Gonaderne indeholder en stor andel protein og fedt i forhold til hele dyret, hvilket gør høsttidspunktet lige før gydning til det mest favorable set i relation til foderværdi.



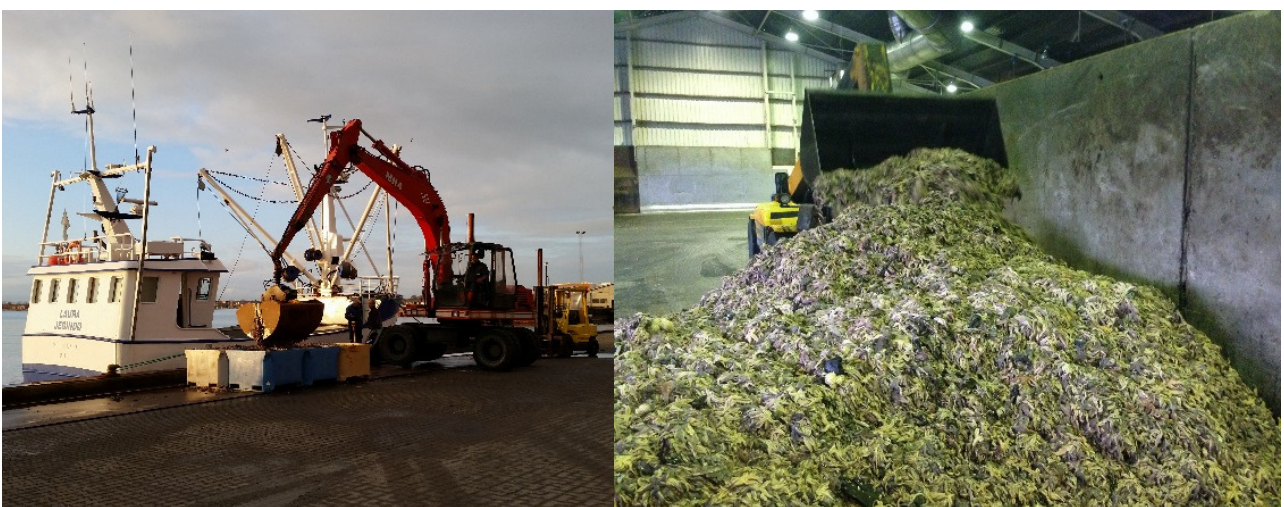


**Figur 18.** Afskallede muslinger (venstre) og tørret formalet muslingemel (højre). Foto: Jan Værum Nørgaard.

### (b) Søstjerner

Søstjerner er kendetegnet ved at have en høj andel råprotein på 38-70% af tørstof og en høj andel af aske på 20-42% af tørstof afhængigt af årstiden. Søstjerner fra Limfjorden har en fordeling af aminosyrer som kan sammenlignes med fiskemel, dog med et lavere indhold af tryptofan, fenylalanin og histidin og højere indhold af methionin og cystein [5]. Den høje askefraktion skyldes ikke sand, men derimod en høj koncentration af Ca. Søstjernerens fedtindhold er omkring 9-11% i tørstof [2, 5], hvoraf en del udgøres af polyumættede fedtsyrer (Aarhus Universitet, upubliceret data). Søstjerner indeholder herudover sekundære metabolitter, som inkluderer steroider, steroidale, glycosider, anthraquinones, alkaloider, fosforlipider, og peptider [6].

Gennem vækstperioden hos søstjerner dannes blommen i søstjernerens æg ved en deponering af næringsstoffer i ægcellerne og søstjernen gyder fra april til maj. Aarhus Universitet har analyseret søstjerner fra Limfjorden og har fundet, at sen vinter og forår vil være mest favorabel til høst, fordi protein og fedtindholdet er højest i denne periode (Aarhus Universitet, upubliceret data).



**Figur 19.** Fangst af søstjerner i Limfjorden. Foto: Pia Sørensen

### (c) Krabber

Der er ikke publiceret danske forsøg med fokus på indhold af krabber, men dog nogle udenlandske studier på krabbemel. Proteinindholdet i krabbemel er omkring 39% i tørstof [7, 8, 9]. Proteinkoncentratet fra krabber viste i et ældre amerikansk forsøg [10], at have et højt råproteinindhold på 67% af tørstof. Af aminosyrer indeholder krabber specielt meget threonin, fenylalanin og tyrosin, og krabber har et lavt indhold af methionin og lysin [11]. Krabbemelets høje askeandel hænger sammen med det høje indhold af Ca, som kommer fra exoskelettet [12]. Krabber har derudover en høj andel Mn sammenlignet med muslinger og søstjerner. Ligesom muslinger, lever krabber blandt andet af fytoplankton, hvilket gør dem til en god omega-3 kilde. Specielt indholdet af omega-3 fedtsyrerne EPA og DHA er højt [12]. Disse to fedtsyrer er essentielle i modningsprocessen af krabben, ligesom det er vigtigt i forbindelse med reproduktion og skifte af exoskelet [11]. Krabber indeholder ca. 10% kitin i tørstoffet [7, 12]. Indholdet af carotenoider, specielt det røde carotenoid astaxanthin, er højt i krabber [12].

Krabber gyder sent om efteråret, hvor der på dette tidspunkt er stor forskel i næringsstofindholdet, og ovarier hos hunkrabber har en større andel protein og fedt før gydning [11].

### (d) Tang

Der er store artsforskelle på tang. Sukkertang og søsalat er de tangarter, der anses for at have potentiale for dyrkning i store volumener i Danmark. Et dansk-norsk projekt har analyseret en række tangarter [13]. Sukkertang er en brunalge og er kendetegnet ved at være rig på mineraler (14-38% af tørstof), og ved at have et forholdsvist lavt indhold af råprotein på 7-13% af tørstof. Brunalger har endvidere et højt indhold af K og Na, men også et højt indhold af jod. Brunalgerne kan akkumulere 30.000 gange mere jod, end hvad der er tilstede i vandet [14].

Søsalat er kendetegnet ved et højt indhold af S, Ca, Mg, Na og Cl (13, 15). Søsalat hører til grønalgefamilien og adskiller sig fra brunalgerne ved det højere indhold af råprotein, hvilket som regel er højere end 15% [14, 16]. Derudover har søsalat et højt indhold af uopløselige glukaner. Søsalat har en aminosyreprofil som sojaskrå, dog med en højere andel af methionin og threonin og lavere lysin, histidin og tryptofan [14].

Brunalger indeholder specielt kulhydraterne alginater, fucoidans og laminarin, og de grønne alger indeholder specielt galaktaner og xylaner [17]. Brunalger er herudover rig på polyfenoler, hvor størstedelen består af phlorotanniner. Phlorotanniner er antioxidanter og modvirker oxidativ stress [18]. Laminariner vurderes at have en præbiotisk effekt og fucoidan vurderes at have en antiinflammatorisk og booster-effekt på immunforsvaret [17].

- Muslinger høstet i foråret har højt indhold af protein og fedt. Aminosyresammensætningen er god og de indeholder interessante stoffer som polyumættede fedtsyrer og carotenoider.
- Søstjerner fanget i tidlig forår kan have et højt indhold af protein. De indeholder dog også meget aske, heraf meget calcium.
- Der er kun lidt viden om krabbers næringsstofindhold, men krabbemel kan have middel-høj proteinindhold med god aminosyresammensætning og indeholde vigtige polyumættede fedtsyrer.
- Proteinindholdet i tang er ikke højt, men tang har et højt mineralindhold og især brunalgers indhold af kulhydrater kan have sundhedsstimulerende effekter.

### 5.3 Forarbejdning af råvarerne til foderstoffer

For at øge holdbarheden af de forskellige fodermidler skal de forarbejdes til eksempelvis mel eller ensilage. Melprodukterne er tørre, hvilket gør dem til lagerfaste produkter, og en ensilering sænker pH i produktet og sikrer hermed lang holdbarhed. Der er dog mange udfordringer.

Søstjerner, krabber og tang gennemgår en varmetørring og en formaling før produktion af de færdige produkter. Muslinger, derimod, kan koges for at adskille kød og skaller, ligesom det sker i produktionen af muslinger til human konsum hos fx Vilsund Blue. Separationen af kød og skaller ved kogning kan medføre et spild, da kødet efter kogning ikke nødvendigvis falder ud af muslingerne og de proteinholdige byssustråde, som muslingen bruger til fasthæftning, tabes under processen. Efter fraseparation af skallerne, tørres kødet og formales til muslingemel. I Sverige har et arbejde på processering af muslinger til mel medført et patent på adskillelse af kød fra skaller ved en temperaturskabt hydrolyse [19]. Separation af kød og skaller ved kogning er omkostningsfuld både ud fra ressourceforbrug og tab af næringsstoffer og derfor kan et alternativ være at tørre og formale muslinger uden forudgående kødseparation, hvorved der opnås en muslingemel med skalfraktion, hvilket kan være et produkt med potentiel brug i foder til æglæggere. Alternative metoder til kogning for separation af kød og skaller kan være fysiske og kemiske, herunder enzymatiske processer. Tørringsprocessen skal for alle produkter ske skånsomt for ikke at reducere proteinværdien gennem dannelse af Maillard-reaktioner, i hvilken specielt lysin gøres utilgængeligt for dyret.

Ensileringsprocessen resulterer i en konservering af produktet samt en delvis hydrolyse af proteinfractionen til frie aminosyrer og mindre peptider. Processen sker i den våde råvare og det endelige produkt er typisk flydende, men kan dog også tørres.

Hos enmavede dyr som grise, fjerkræ og mink kan en ensilering ved hjælp af fermentering medføre positiv effekt på tarmfloraen, da der dannes mælkesyrebakterier, samt at pH i fordøjelseskanaalen sænkes og dermed hæmmer patogene bakterier. Tang er relativ nem at fermentere grundet dets høje indhold af kulhydrater, og særligt brunalgers kemiske indhold giver et godt potentiale for dannelse af mælkesyrer. Fermentations Experts [20] har erfaringer for kommerciel udnyttelse af fermentering af tang og muslinger.

Ensilering kan ske ved tilsætning af organiske syrer som fx myresyre til hakkede våde fraktioner under omrøring og derefter lagring til konstant pH omkring 4. Foruden konservering af produktet kan særligt syretilsætningen medføre en hydrolyse af proteinet, som bevarer aminosyreprofilen, men potentielt øger fordøjeligheden af proteinfractionen. Det er forsøgt at ensilere søstjerner hos både Nordjysk Minkfoder [21] og Fermentations Experts [20] med syre uden succes på grund af det høje indhold af calciumkarbonat.

Søstjerner er forsøgt tørret i en proces med overophedet damp, som er en energieffektiv tørringsproces, hos GrainWood A/S [22], men de kværnede søstjerner inkl. deres afdrænede væske klistrede sammen i procesanlægget og vanskeliggjorde tørringen. Det er uden større held forsøgt af Foreningen Muslingeerhvervet [23] at køre søstjerner gennem en skruepresse med det formål at processere råvaren i en flydende og en pulp fraktion, men presningen er vanskelig grundet søstjernernes fysiske karakteristika. Potentialet i en fraktionering er, at proteinet synes at være højere i den tyndtflydende fraktion, hvorved denne kan udfodres til grise i vådfodringsanlæg eller eventuelt separeres ud gennem en bioraffinering.

Guldborg Rejepilleri [24] arbejder på at udvikle fodermidler til primært høns ud fra både rejeskaller og hele krabber som bifangst, der tørres og formales.

- Marine produkter skal enten tørres eller ensileres for at gøres lagerfaste.
- Tørring er ressourcekrævende og den væsentligste udfordring for marine produkter.
- Forarbejdningen til lagerfaste varer er i forsøgsfasen og kræver meget udvikling.

#### 5.4 Lovgivningsmæssige begrænsninger

Brug af et produkt som ingrediens i en foderblanding til dyr er reguleret i EU lovgivningen. Principielt skelnes mellem dyr, som leverer kød eller andre produkter til human konsum, og dyr som ikke går til human konsum, såsom selskabsdyr og mink. Derudover er det af afgørende betydning om produktet er af vegetabilsk eller animalsk oprindelse. Sidstnævnte er underlagt store restriktioner gennem EU TSE forordningen vedr. kogalskab [25], som siger at anvendelsen af animalsk protein i foder til drøvtyggere ikke er tilladt. Derfor er tang det eneste lovlige fodermiddel til kvæg, som behandles i denne rapport.

I EU forordningen over godkendte fodermidler [26] står der listet bløddyrmel, som også inkluderer toskallede bløddyr såsom blåmuslinger. Derudover er tangmel og krebsdyrmel listet, hvor sidstnævnte dækker over krabber. Søstjerner er ikke på positiv listen over godkendte fodermidler, men der pågår arbejde i EU, hvormed det forventes, at søstjerner godkendes til foder i 2016. I en EU analyse rapport [27], der har til opgave at identificere nye mulige økologiske fodermidler, klassificeres søstjerner som egnet til at blive optaget på listen over godkendte fodermidler.

Jf. Skaldyrsdirektivet EU direktiv om kvalitetskrav til skaldyrvande [28] skal skaldyr høstes fra farvand, der har høj kvalitet. Dette skyldes, at risikoen for forgiftning med tungmetaller og blågrønalger mindskes, og der er grænser for indhold af fx tungmetaller ifølge EU direktiv om uønskede stoffer i foderstoffer [29]. De danske farvande antages generelt at sikre opfyldelse af Skaldyrsdirektivet.

- Marine animalske produkter kan frit fodres til mink og kæledyr.
- Muslinger, krabber og tang er godkendte fodermidler til svin og fjerkræ.
- Kvæg kan fodres med tang, men ikke animalske produkter.
- EU forventes snart at godkende søstjerner til svin og fjerkræ.

#### 5.5 Egnethed af marine bioressourcer til husdyr

Der er ikke mange studier, hvor marine produkter er fodret til husdyr. De fleste tilgængelige kilder er publiceret omkring 2. Verdenskrig, hvor der var mangel på fodermidler. Først de senere år er der kommet en skærpet interesse på området. Dette har resulteret i, at der kun er lidt eller slet intet eksisterende materiale eller erfaringer på nogle områder.

Værdien af fodermidler fastsættes ud fra en lang række egenskaber, herunder indhold af næringsstoffer og deres fordøjelighed, sundhedsfremmende effekter, tilgængelighed og muligheden for brug i økologiske foderblandinger. Egnetheden af muslinger, søstjerner, krabber og tang som foder vil være meget afhængig af dyreart og dyrenes alder og produktion.

#### (e) Muslinger som fodermiddel

Ud fra et ernæringsmæssigt perspektiv er muslingeprodukter interessante grundet det høje proteinindhold og det høje indhold af fedt, herunder polyumættede fedtsyrer. Muslingemel og muslingeensilage indeholder mere tryptofan i råproteinet i forhold til fiskemel, og da tryptofan er både en begrænset og kostbar aminosyre, bidrager dette til værdien af muslingeprodukterne. Da muslinger har et højt indhold af methionin, cystein og lysin i forhold til fiskemel, vil muslingemel og muslingeensilage være velegnet i svine-, fjerkræ- og minkproduktionen, hvor der især i mink og økologisk fjerkræproduktion er mangel på methionin og cystein kilder.

#### (i) Grise

Fordøjeligheden af råprotein er bestemt på Aarhus Universitet Foulum i grise til 83% og 87% for henholdsvis muslingemel og muslingeensilage [2], hvilket er en middel-høj fordøjelighed. I et svensk pilotforsøg med slagtesvin [1] havde muslingemel en reducerende effekt på forekomsten af mavesår hos grise, men ingen produktionsmæssige forskelle i forhold til en kommerciel foderblanding. Muslingers indhold af astaxanthin, som har antioxidante egenskaber og som har vist at have en antiinflammatorisk effekt på mennesker [30], kan have positiv effekt på grisenes sundhed.

Fodring med polyumættede fedtsyrer kan føre til et højere indhold af polyumættede fedtsyrer i fedtet, hvilket kan øge risikoen for harskning af kødet og medføre uønsket smag og lugt, samt mindske lagerstabiliteten [31]. Der kan dog være vigtige sundhedsfremmende egenskaber ved indholdet af polyumættede fedtsyrer og indholdet i fodermidlerne vil sandsynligvis overføres til kød og æg, hvormed menneskers kost beriges med de vigtige fedtsyrer. Fiskemel, der er et meget populært fodermiddel til unge dyr, har en inflammatorisk effekt, hvilket skyldes det høje indhold af polyumættede fedtsyrer og især EPA og DHA [32]. Derfor kan fodring med marine produkter muligvis styrke dyrenes immunforsvar og øge dyrenes sundhed.



**Figur 20.** Opsamling af tarmindehold for at bestemme fordøjeligheden af muslinger i grise. Foto: Jan Værum Nørgaard.

### *(ii) Fjerkræ*

Flere studier har vist, at muslinger er et godt fodermiddel til både kyllinger og økologiske æglæggende høns, og at muslinger potentielt kan erstatte fiskemel [33, 34, 35]. Generelt viste fodring med muslingemel tilsat i forskellige mængder ikke nogle negative effekter på produktionsparametrene [33, 34, 36, 37]. Et forsøg på Aarhus Universitet Foulum [34] indikerede, at 12% muslingemel giver en bedre afbalanceret aminosyresammensætning end fiskemel. Ligesom ved grise, kan det høje indhold af polyumættede fedtsyrer i foderet resultere i en oxidering af fedtet, hvilket kan påvirke kødets farve, smag og mindske lagerstabiliteten [38]. Blommen får en stærkere rød farve ved stigende mængder muslingemel [34], men op til 8% muslingemel kan tilsættes foderet uden negative effekter på æggekvaliteten. Denne øgede blommefarve skyldes muslingers høje indhold af carotenoider, hvor specielt astaxanthin er et effektivt blommefarvningspigment [34]. Tilsætning af 6% muslingemel gav en øget æglægnings effektivitet [37].

### *(iii) Mink*

Der findes ingen tilgængelige studier om fodring med muslinger til mink. Dog antages det, at muslinger må være et godt fodermiddel til mink, grundet dets sammenlignelighed med fiskemel i den kemiske sammensætning. Ydermere indeholder muslingemel en stor andel af de svovlholdige aminosyrer methionin og cystein. Specielt methionin er vigtig i pelssætningsperioden. Muslingeensilage formodes ikke at være et godt fodermiddel til mink, hvis myresyretilsætningen overstiger 4%, hvilket kan resultere i en negativ tilvækst, da myresyren tilfører foderet en for mink uønsket smag eller lugt [39].

### *(f) Egnetheden af søstjerner som fodermiddel*

Der er stor årstidsvariation i næringsstofindholdet af søstjernemel, men fanges søstjernerne før gydning i foråret kan de have et protein og fedtindhold svarende til fiskemel. Indholdet af Ca er højt, hvilket påvirker anvendeligheden af produktet.

### *(iv) Grise*

Kun to forsøg er på nuværende tidspunkt lavet med fodring med søstjerner til grise og de er begge udført på Aarhus Universitet Foulum. Fordøjeligheden af råprotein i søstjernemel fra Limfjorden er bestemt til 80% [2], hvilket er en middel fordøjelighed af en proteinkilde. Tilsætning af 5% søstjernemel resulterede i produktionsresultater som kontrolblandingerne, mens 10% søstjernemel gav en signifikant lavere daglig tilvækst, hvilket kan skyldes et højt Ca indhold, som skaber ubalance i forholdet til fosfor [5].

Ligesom muslinger indeholder søstjerner også polyumættede fedtsyrer, hvilket kan øge risikoen for fiskebismag i kødet og kan medføre mindsket holdbarhed af kødet [31]. Jodtallet for søstjernemel er 145 [2], hvilket er højere end den kritiske grænse på 73 [40] og indikerer, at man ikke bør fodre søstjerner til dyr større end 30 kg.

### *(v) Fjerkræ*

Under og lige efter 2. Verdenskrig var der mangel på proteinholdige fodermidler. Dette resulterede i, at søstjernemel blev afprøvet som foder til fjerkræ [41, 42]. Den generelle konklusion er, at søstjernemel er et godt fodermiddel til fjerkræ og det kan erstatte fiskemel pga. en fordelagtig aminosyresammensætning, men at grænsen for søstjernemel i foder til slagtekyllinger bør være 5%. Fodring med 4% og 8% dansk søstjernemel

til æglæggere resulterede ikke i ændringer i produktionsparametrene, og der var ingen effekt af op til 8% søstjernemel på æggekvaliteten [34].

#### *(vi) Mink*

Der er ikke lavet videnskabelige forsøg med søstjerner til mink, men der er erfaringer for, at søstjerner og søstjernemel har lav fordøjelighed i mink [21] og dermed kun lille potentiale som minkfoder. Brugen af søstjernemel til mink vil begrænses af den høje Ca koncentration, da et højt Ca indhold kan mindske tilvæksten og give kortere hår i pelsen [10, 43].

#### *(g) Egnetheden af krabber som fodermiddel*

Det er afgørende for den ernæringsmæssige værdi af særligt krabber, hvorvidt der er tale om hele krabber eller blot dele af krabber som fx krabbekrop uden kløer. Produkter baseret på krabbedele bør derfor analyseres for næringsstofindhold, inden en vurdering af egnethed som foder er mulig.

#### *(vii) Grise*

Krabbemel er i tidligere forsøg konkluderet til at have ingen relevans som proteinfoder til smågrise, da krabbemel gav mindsket tilvækst antageligvis grundet indholdet af kitin [44, 45], som er fundet til at have lav fordøjelighed [46]. Andre har dog fundet at dele af krabbens indvolde og kødet vil være en god proteinkilde til svin [7]. Det høje Ca-indhold i krabbemel vil være den begrænsende faktor for, hvor store mængder krabbemel, der kan anvendes i svinefoderblandinger. Det høje indhold af polyumættede fedtsyrer i krabbemel kan give en oxidering af fedtet, som kan harske kødet og give det en bismag af fisk.

#### *(viii) Fjerkræ*

Der er lavet et dansk forsøg med krabber fodret til fjerkræ [47]. Udenlandske forsøg har vist at 2,5, 5 og 5,5% krabbemel kunne erstatte fiskemel i slagtekyllingeblandinger [8, 48], og i modsætning til svin, har fjerkræ en høj fordøjelighed af kitin og chitosan [49]. Erstatning af sojaskrå med 10, 20 og 30% krabbemel i en slagtekyllingeblanding, resulterede ikke i signifikante forskelle i forhold til kontrolgruppen på produktionsparametrenes foderforbrug, tilvækst og fodereffektivitet [50], og 2,5% og 5% krabbemel til en æglæggerblanding gav ingen effekt på produktion og æggekvalitet [12]. Det høje indhold af carotenoidet astaxanthin kan give en rødlig blomfefarve [51, 52], og øge holdbarheden af æg, øge vækst og mindske strukturelle skader i kråsen hos slagtekyllinger. De sundhedsfremmende faktorer hænger sammen med astaxanthins antiinflammatoriske egenskaber [30, 53]. Det høje indhold af flerumættede fedtsyrer har ikke blot en negativ effekt, men har også vist sig at øge koncentrationen af omega-3 fedtsyrer i blommen, og dermed gøre ægget til en god omega-3 fedtsyre kilde [54, 55].

#### *(ix) Mink*

Kongekrabber i minkfoder kan være et fornuftigt proteinsupplement [10]. Krabber har et højt indhold af phenylalanin og tyrosin, som begge indgår i dannelsen af melanin, som giver sort pelsfarve. Dog kan krabbers høje indhold af astaxanthin sandsynligvis give en misfarvning, da tilsætning af 20% rejeskaller, der ligeledes indeholder astaxanthin, gav tendens til mindre rene og lyse skind [56].

#### (h) Egnetheden af tang som fodermiddel

Tang har i århundreder været brugt som fodermiddel til produktionsdyr i situationer med mangel på landbaserede fodermidler. Der er lavet mange studier for at belyse sundhedsfremmende egenskaber ved tang, og der er en tendens til at bioraffinere tangekstrakter og bruge disse som fodersupplement i små koncentrationer fremfor at bruge tang som et fodermiddel med egentlig næringsværdi.

#### (x) Grise

På nuværende tidspunkt er der ikke lavet nogen videnskabelige studier omkring fodring af grise med sukkertang eller søsalat i større koncentrationer. Derimod er der lavet flere undersøgelser omkring fodring med buletang som er en bruntang, ligesom sukkertang. Tilsætning af 10% buletang til en slagtesvineration resulterede i en negativ tilvækst [57], men tilsætning af 2% buletang i en smågriseration gav positiv effekt på dyrenes mavesundhed og lagring af jod i kødet [58]. Små mængder tangekstrakt i smågrisefoder eller en direkte tilsætning af laminarin, som er et kulhydrat i bruntang, giver forbedret tilvækst og mavesundhed [59, 60]. Disse egenskaber ved tang forsøges udnyttet af Fermentations Experts A/S [20], som kan fermentere tang for anvendelse i husdyrfoder. Laminarin og fucoidin har vist sig at øge kødkvaliteten og holdbarheden ved signifikant at sænke oxidering af PUFA i fedtet [61]. Et in vitro forsøg udført med søsalatmel og søsalatekstrakt fandt en proteinfordøjelighed, som var væsentligt lavere i forhold til sojaskrå [15]. Det høje mineralindhold i søsalat vil kunne øge forekomsten af osmotisk diarré i både svin og fjerkræ. Sammenfattende indikerer erfaringerne, at tang bør tilsættes i små koncentrationer i svinefoder.

Brunalger som sukkertang indeholder sundhedsfremmende stoffer, som eksempelvis laminarin, der har præbiotisk effekt. Tilsætning af små andele brunalgetang til en foderration til grise viste sig at fremme mavesundheden og give øget tilvækst [58, 59, 60]. Fermentering af brunalger viste en større andel dannet mælkesyre fra mælkesyrebakterier, hvilket skyldes brunalgernes høje indhold af mannitol, sammenlignet med kornprodukter [62]. En øget koncentration af mælkesyrebakterier efter fermentering af tang har en positiv effekt på mavesundheden i grise og samme effekt på fjerkræs sundhed [63]. Tang vil potentielt kunne sænke brugen af antibiotika, zink og kobber, da disse i svine- og fjerkræbranchen bruges til at sænke antallet af bakterier i tarmen og specielt *E. coli* for at forebygge eller kurere diarré [63, 64].

#### (xi) Fjerkræ

Fordøjelighedsforsøg med kyllinger har vist ringe fordøjelighed af søsalat, og tilsætning af 10% søsalat i rationen forårsagede mindsket foderindtag og lavere tilvækst [65]. Den lave fordøjelighed kan forklares med det høje indhold af ufordøjelige polysakkarider og fjerkræes korte fordøjelseskanal. Tilsætning af 3% søsalat til rationen medførte derimod ingen negative effekter hos slagtekyllinger [34]. Studier omkring brugen af sukkertang til fjerkræ er ikke undersøgt, men det må antages at sukkertang ligesom søsalat har en lav fordøjelighed og næringsværdi. Derimod har produkter fra bioraffinering af tang en veldokumenteret effekt som sundhedsfremmende produkt i fjerkræ [64], som beskrevet ovenfor.

#### (xii) Mink

Der er ikke lavet nogen studier med tang som fodermiddel til mink. Dette skyldes at tangs potentiale som fodermiddel til mink er lille grundet minkens relative korte tarm og retentionstid, hvorved fiberfraktionen i tang får lav fordøjelighed.



### (xiii) Kvæg

Næringsstofværdien af tang til kvæg varierer meget med arten [13]. Søsalat blev vurderet til at have samme foderværdi som lucerne eller rajgræs [13, 15, 16], og med potentiale som proteinkilde sammenlignelig med værdierne for palmekage, rapskage og bomuldsfrøkage [13]. Brunalger er vist til at være en god kilde for mikromineraler, specielt selen og jod [66].

- Muslinger som mel eller ensilage vil være attraktiv i svine- og fjerkræproduktionen på grund af både protein og fedtindholdet.
- Søstjerner kan fodres til grise og æglæggere i koncentrationer på op til hhv. 5 og 8%.
- Krabber har i forsøg med fjerkræ vist potentiale som fodermiddel.
- De polyumættede fedtsyrer i muslinger, søstjerner og krabber kan gavne dyrenes sundhed.
- Tang er gode kilder for mikromineraler og især brunalger som sukkertang har sundhedsfremmende effekter.

### 5.6 Marine ressourcer som økologisk foder

Økologisk certificering af marine ressourcer er relativ let at få, da produktionsformerne ikke er baseret på tilførsel af hjælpestoffer, men derimod er alene afhængig af den naturligt forekommende næring i havet eller fjorde, og økologiske muslinger og tangproduktioner er allerede godkendt [67]. Siden 2005 har der i EU været diskuteret en omstilling fra at måtte anvende 5% ikke-økologisk foder i en ration, til at alt foder skal være af 100% økologisk oprindelse. Dette krav vil træde i kraft per 1. januar 2018 [68], hvilket kræver nye alternative proteinkilder til særligt den økologiske svine- og fjerkræproduktion.

Med en god aminosyresammensætning kan man sænke indholdet af råprotein i foderet, hvilket reducerer risikoen for diarré hos smågrise [69]. Tilsætning af krystallinske aminosyrer til en foderblanding for at optimere foderblandingen efter dyrenes behov er ikke tilladt i økologisk produktion. Søstjerner og muslinger har en velbalanceret aminosyreprofil som supplerer de landbaserede proteinkilder godt og vil derfor være egnet til den økologiske svine- og æglæggerproduktion med fremme af både husdyrsundhed og reduktion af miljøbelastning.

Da kemisk behandlede fodermidler ikke er tilladt i økologisk produktion, har søsalat et potentiale som fodermiddel i foder til kvæg og sukkertang, som kan vise sig at være mulig mineralkilde i kvægbranchen, hvor der kan opstå mangel på mikromineraler hos økologiske producenter [70].

- Fra januar 2018 skal økologiske dyr fodres med 100% økologisk foder.
- Økologisk svine- og fjerkræproduktion har mangel på foderprotein og økologiske kvægproducenter kan have mangel på mikromineraler.
- Muslinger og søstjerner har en sammensætning af aminosyrer som er eftertragtet i økologisk husdyrproduktion, og som vil kunne forbedre dyresundhed, velfærd og miljøforhold.

## 5.7 Perspektiver for marine ressourcer som husdyrfoder

Fra 1. januar 2018 vil det være et krav udelukkende at bruge 100% økologisk foder i en økologisk foderblanding [68]. Dette vil hermed skærpe interessen for nye alternative proteinkilder såsom marine ressourcer. Derudover forventes søstjerner at blive godkendt til brug som fodermiddel i sommeren eller efteråret 2016.

Udover at marine ressourcer er nye alternative fodermidler, der kvalitetsmæssigt kan erstatte fiskemel, sojaskrå og bypassproteinprodukter, er der også andre aspekter. Fodring med marine ressourcer har vist sig at give et øget indhold af flerumættede fedtsyrer i æggeblommer og en øget deponering af jod i mælk og svinekød [12, 54, 66]. De flerumættede fedtsyrer mindsker risikoen for hjerte-kar-sygdomme hos mennesker [71], og jod tilsættes i dag bordsalt for at forebygge struma. Positive effekter på og af fødevarerne kan åbne op for nye markeder med bedre indtjening, da fødevarerne kan blive anset som værende helseprodukter.

Marine ressourcer indeholder stoffer som landafgrøder ikke har. Blandt andet har stofferne laminarin, fucoidan og astaxanthin, som findes i brunalger, krabber og muslinger, vist sig at øge holdbarheden af fødevarer [51, 61]. Denne forlængelse af holdbarheden kan blive vigtig i forhold til at mindske madspild, som hovedsageligt skyldes udsmid af for gamle fødevarer.

Til fremtidigt arbejde kunne det være interessant at undersøge om fodermidlerne muslinger, søstjerner og krabber, kan indgå i foderblandinger til slagtesvin uden at mindske kødkvalitet og give en bismag af fisk til kødet på grund af indholdet af astaxanthin og galaktaner. Søstjerners indhold af sekundære metabolitter og deres mulige sundhedsfremmende effekt i svin, fjerkræ og mink bør belyses. Disse stoffer har allerede en stor interesse i den farmaceutiske verden og kunne dermed være medvirkende til at nedsætte antibiotikaforbruget i husdyrproduktionen. Ligeledes kan de sundhedsfremmende egenskaber af komponenter i tang få en betydning for reduktion af antibiotika og tungmetaller i svine- og fjerkræproduktionen.

Som det fremgår af dette afsnit har de marine produkter mange interessante karakteristika udover deres indhold af næringsstoffer. Dette medfører, at det er vanskeligt at værdisætte produkterne som foder til dyr. Værdien af muslinge- og søstjernefodermidler antages at være tilsvarende prisen på fiskemel, som er omkring 12 kr./kg, eller lidt mindre grundet mindre proteinindhold. Der findes allerede udenlandske tangmelsprodukter på fodermarkedet som i lille omfang og i små mængder, tilsættes svinefoder til en pris på omkring 17 kr./kg.

- EU lovgivningen vil fra januar 2018 styrke efterspørgslen på økologiske marine proteinkilder til husdyr.
- Indholdet af fedtsyrer og mikromineraler i marine produkter kan aflejres i produkter fra husdyr og derigennem potentielt styrke folkesundheden og give anledning til markedsføring af nye helseprodukter.
- Særligt tang og søstjerner indeholder bioaktive stoffer, som kan styrke dyrenes sundhed og bidrage til nedsættelse af antibiotikaforbruget i husdyrproduktionen.
- Marine produkter kan værdisættes ud fra deres næringsstofindhold, men de sundhedsfremmende effekter øger prisen markant ift. landbaserede fodermidler.

## 5.8 Referencer

- [1] Wallenbeck, A., Neil, M., Anderson, K.H., 2014. Mussel meal in diets to growing/finishing pigs: influence on performance and carcass quality. EAAP - 65 th. Annual Meeting, Copenhagen, s. 249.
- [2] 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 205, 90–97.
- [3] Passi, S., Cataudella, S., Di Marco, P., De Simone, F., Rastrelli, L., 2002. Fatty acid composition and antioxidant levels in muscle tissue of different Mediterranean marine species of fish and shellfish. *J. Agric. Food Chem.* 50, 7314–22.
- [4] Jönsson, L., 2009. Mussel Meal in Poultry Diets – with Focus on Organic Production. Swedish University of agricultural sciences Uppsala.
- [5] Sørensen, P., Nørgaard, J.V., 2016. Starfish (*Asterias rubens*) as feed ingredient for piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 211, 181–188.
- [6] Dong, G., T. Xuc, B. Yanga, X. Lina, X. Zhoua, X. Yanga, Y. Liu (2011) Chemical constituents and bioactivities of starfish. *Chemistry & Biodiversity*, Vol. 8, 740-791.
- [7] Thacker, P.A., Kirkwood, R.N., 1992. Non-traditional feeds for use in swine production.
- [8] Lubitz, J.A., Fellers, C.R., Parkhurst, R.T., 1943. Crab meal in poultry rations part I. Nutritive, properties.pdf. *Poult. Sci.* 22, 307–313.
- [9] Ojewola, G.S., Udom, S.F., 2005. Chemical evaluation of the nutrient composition of some unconventional animal protein sources. *Poult. Sci.* 4, 745–747.
- [10] Watkins, B.E., Adair, J., Oldfield, J.E., 1982. Evaluation of shrimp and king crab processing byproducts as feed supplements for mink. *J. Anim. Sci.* 55, 578–589.
- [11] Barrento, S., Marques, A., Teixeira, B., Anacleto, P., Vaz-Pires, P., Nunes, M., 2009. Effect of season on the chemical composition and nutritional quality of the edible crab *Cancer pagurus*. *J. Agric. Food Chem.* 57, 10814–24.
- [12] Langille, M., Anderson, D., MacIsaac, J., 2012. Evaluating by-products of the Atlantic shellfish industry as alternative feed ingredients for laying hens. *Poult Sci* 91, 2189–2200.
- [13] 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 213, 44–54.
- [14] Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., Ankers, P., 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 212, 1–17.
- [15] Bikker, P., van Krimpen, M.M., van Wikselaar, P., Houweling-Tan, B., Scaccia, N., van Hal, J.W., Huijgen, W.J.J., Cone, J.W., López-Contreras, A.M., 2016. Biorefinery of the green seaweed *Ulva lactuca* to produce animal feed, chemicals and biofuels. *J. Appl. Phycol.*

- [16] Ventura, M.R., Castañón, J.I.R., 1998. The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. *Small Rumin. Res.* 29, 325–327.
- [17] Holdt, S.L., Kraan, S., 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.* 23, 543–597.
- [18] Mendis, E., Kim, S., 2011. Marine medical food: implications and applications, macroalgae and microalgae. I *Food Nutrition research* Vol. 64, Academic Press.
- [19] Lindahl, O., 2013 Mussel meal production based on mussels from the Baltic Sea. <http://www.aquabestproject.eu/reports.aspx> European patent pending on processing mussels (PCT/EP2013/071687).
- [20] Fermentations Experts A/S, Vorbassevej 12, DK-6622 Bække
- [21] Nordjysk Minkfoder A/S, Jennetvej 375, 9982 Aalbæk. Personlig meddelelse Jørgen Johansen.
- [22] GrainWood A/S, Korsbakkevej 11, Bjergby, 7950 Erslev. Personlig meddelelse Svend Erik Thomsen
- [23] Foreningen Muslingeerhvervet, Nykøbing Mors. Personlig meddelelse Viggo Kjølhede.
- [24] Guldborg Rejepilleri ApS, Skovvænget 17, 4862 Guldborg. Personlig meddelelse Cextin Jørgensen.
- [25] Europa-Parlamentet og Rådets Forordning (EF) Nr. 999/2001 af 22. maj 2001 om fastsættelse af regler for forebyggelse af, kontrol med og udryddelse af visse transmissible spongiforme encephalopater.
- [26] Kommissionens forordning (EU) Nr. 68/2013 af 16. januar 2013 om fortegnelsen over fodermidler
- [27] EGTOP/2015 rapport. Expert group for technical advice on organic production EGTOP Final report feed mandate II. [http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/expert-advice/documents/final-reports/egtop-final-report-feed-ii\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/organic/eu-policy/expert-advice/documents/final-reports/egtop-final-report-feed-ii_en.pdf)
- [28] Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2006/113/EF af 12. december 2006 om kvalitetskrav til skaldyrvand
- [29] Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2002/32/EF af 7. maj 2002 om uønskede stoffer i foderstoffer - Erklæring fra Rådet
- [30] Guerin, M., Huntley, M.E., Olaizola, M., 2003. Haematococcus astaxanthin: Applications for human health and nutrition. *Trend Biotechnol.* 21, 210–216.
- [31] Sheard, P.R., Enser, M., Wood, J.D., Nute, G.R., Gill, B.P., Richardson, R.I., 2000. Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. *Meat Sci.* 55, 213–221.
- [32] Cho, J.H., Kim, I.H., 2011. Fish meal - nutritive value. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 95, 685–692.
- [33] Waldenstedt, L., Jönsson, L., 1998. Mussel meal as a high quality protein source for broiler chickens. Swedish University of Agricultural Sciences.
- [34] Abudabos, A.M., Okab, A.B., Aljumaah, R.S., Samara, E.M., Abdoun, K.A., Al-Haidary, A.A., 2013. Nutritional value of green seaweed (*Ulva lactuca*) for broiler chickens. *Ital. J. Anim. Sci.* 12, 177–181.

- [35] Jönsson, L., Wall, H., Tauson, R., 2011. Production and egg quality in layers fed organic diets with mussel meal. *Animal* 5, 387–93.
- [36] Wall, H., Jönsson, L., Johansson, L., 2010. Effects on egg quality traits of genotype and diets with mussel meal or wheat-distillers dried grains with solubles. *Poult. Sci.* 89, 745–751.
- [37] Jönsson, L., Elwinger, K., 2009. Mussel meal as a replacement for fish meal in feeds for organic poultry – a pilot short-term study. *Acta Agric. Scand. Sect. A - Anim. Sci.* 59, 22–27.
- [38] Smet, K., Raes, K., Huyghebaert, G., Haak, L., Arnouts, S., De Smet, S., 2008. Lipid and Protein Oxidation of Broiler Meat as Influenced by Dietary Natural Antioxidant Supplementation. *Poult. Sci.* 87, 1682–1688.
- [39] Clausen, D., Danmgaard, B.M., Clausen, T., 2015. Effekten af myresyrekonserveret fiskeensilage på mink i vækstperioden. I: *Kopenhagen Fur: Faglig årsberetning 2014*. Kopenhagen Forskning, Agro Food Park 15., Aarhus, s. 99–106.
- [40] VSP, 2011. Foderfedt og Fedtkvalitet. [http://vsp.lf.dk/Viden/Foder/Raavarer/Foder\\_raavareliste/Foderfedt\\_fedtkvalitet.aspx?full=1](http://vsp.lf.dk/Viden/Foder/Raavarer/Foder_raavareliste/Foderfedt_fedtkvalitet.aspx?full=1)
- [41] Heuser, G., McGinnis, J., 1946. Starfish meal in chick rations, *Studies on the marine resources of southern New England: III the possibility of the utilization of starfish (Asterias forbesi desor)*, Bulletin of the Bingham Oceanographic collection.
- [42] Morse, R.E., Griffiths, F.P., Parkhurst, R.T., 1944. Value of starfish meal in the poultry starting ration.pdf. *Poult. Sci.* 23, 408–412.
- [43] Hansen, N.E., Glem-Hansen, N., Jørgensen, G., 1992. Effects of dietary calcium-phosphorus ratio on growth, skin length and quality in mink (*Mustela vison*). *Scientifur* 16, 293–297.
- [44] Stahl, W., Haring, F., 1932. Use of crab meal for pigs. *Dtsch. Landwirtschaft. Press.* 59, 501–502.
- [45] Husby, F.M., 1980. King Crab meal. A protein supplement for swine. *Agroborealis* 12, 4–8.
- [46] Fanimio, A.O., Susenbeth, A., Südekum, K.H., 2006. Protein utilisation, lysine bioavailability and nutrient digestibility of shrimp meal in growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 129, 196–209.
- [47] Fischer, K., O. S. Rasmussen, N. F. Johansen, U. Cold og B. M. Jørgensen. 2015. Pilotprojekt for udvikling af fiskeri af strandkrabber til foderproduktion. 110 pp, [www.food.dtu.dk](http://www.food.dtu.dk)
- [48] Parkhurst, R., Gutowska, M., Lubitz, J., Fellers, C., 1943. Crab meal in poultry rations II. Chick and broiler rations. *Poult. Sci.* 23, 58–64.
- [49] Hirano, S., Itakura, C., Seino, H., Akiyama, Y., Nonaka, I., Kanbara, N., Kawakami, T., 1990. Chitosan as an ingredient for domestic animal feeds. *J. Agric. Food Chem.* 38, 1214–1217.
- [50] Sese, B.T., George, O.S., Etela, I., 2013. Utilizing mud crab (*UCA Tangeri*) meal as a partial substitute for or soyabean meal in broiler production. *J. Environment Earth Sci.* 3216, 27–32.
- [51] Yang, Y.X., Kim, Y.J., Jin, Z., Lohakare, J.D., 2006. Effects of dietary supplementation of astaxanthin on production performance, egg quality in layers and meat quality in finishing pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 19, 1019–1025.

- [52] Anderson, D.M., MacIssac, J.L., Daniel, M.A., MacKinnon, T.L., Budgell, K.L., 2008. Evaluating the effects of crab meal, Carophyll Red, and Carophyll Yellow in laying hen diets on egg yolk pigmentation and production performance. *Can. J. Anim. Sci.* 88, 637–640.
- [53] Ohh, M., Kim, S., Pak, S.C., Chee, K., 2016. Effects of dietary supplementation with astaxanthin on histamine induced lesions in the gizzard and proventriculus of broiler chicks. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 29, 872–878.
- [54] Carrillo-Domínguez, S., Carranco-Jauregui, M.E., Castillo-Domínguez, R.M., Castro-González, M.I., Avila-González, E., Pérez-Gil, F., 2005. Cholesterol and n-3 and n-6 fatty acid content in eggs from laying hens fed with red crab meal (*Pleuroncodes planipes*). *Poult. Sci.* 84, 167–172.
- [55] Rathgeber, B.M., Anderson, D.M., Thompson, K.L., Macisaac, J.L., Budge, S., 2011. Color and fatty acid profile of abdominal fat pads from broiler chickens fed lobster meal. *Poult. Sci.* 90, 1329–33.
- [56] Clausen, T.N., Lassén, T.M., 2012. Betydning af store mængder rejeskaller for farven hos sorte mink. I: Faglig Årsrapport. København Fur, s. 60–63.
- [57] Jones, R.T., Blunden, G., Probert, A.J., 1979. Effects of dietary *Ascophyllum nodosum* on blood parameters of rats and pigs. *Bot. Mar.* 22, 375–392.
- [58] Dierick, N., Olyn, A., De Smet, S., 2009. Effect of feeding intact brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on some digestive parameters and on iodine content in edible tissues in pigs. *J. Sci. Food Agric.* 89, 584–594.
- [59] Heim, G., Walsh, A.M., Sweeney, T., Doyle, D.N., O’Shea, C.J., Ryan, M.T., O’Doherty, J.V., 2014. Effect of seaweed-derived laminarin and fucoidan and zinc oxide on gut morphology, nutrient transporters, nutrient digestibility, growth performance and selected microbial populations in weaned pigs. *Br. J. Nutr.* 111, 1577–85.
- [60] Leonard, S.G., Sweeney, T., Bahar, B., Lynch, B.P., O’Doherty, J.V., Doherty, J.V.O., 2011. Effects of dietary seaweed extract supplementation in sows and post-weaned pigs on performance, intestinal morphology, intestinal microflora and immune status. *Br. J. Nutr.* 106, 688–699.
- [61] Moroney, N.C., O’Grady, M.N., O’Doherty, J. V., Kerry, J.P., 2012. Addition of seaweed (*Laminaria digitata*) extracts containing laminarin and fucoidan to porcine diets: Influence on the quality and shelf-life of fresh pork. *Meat Sci.* 92, 423–429.
- [62] Hwang, H.J., Lee, S.Y., Kim, S.M., Lee, S.B., 2011. Fermentation of seaweed sugars by *Lactobacillus* species and the potential of seaweed as a biomass feedstock. *Biotechnol. Bioprocess Eng.* 16, 1231–1239.
- [63] Patterson, J.A., Burkholder, K.M., 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult. Sci.* 82, 627–631.
- [64] Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F., Ankers, P., Heuze, V., 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 212, 1–17.
- [65] Ventura, M.R., Castañon, J.I.R., McNab, J.M., 1994. Nutritional value of seaweed (*Ulva rigida*) for poultry. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49, 87–92.
- [66] Rey-Crespo, F., López-Alonso, M., Miranda, M., 2014. The use of seaweed from the Galician coast as a mineral supplement in organic dairy cattle. *Int. J. Anim. Biosci.* 8, 580–6.

- [67] 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. 312-2016. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.
- [68] Kommissionens Gennemførelsesforordning (EU) Nr. 836/2014 af 31. juli 2014 om ændring af forordning (EF) nr. 889/2008 om gennemførelsesbestemmelser til Rådets forordning (EF) nr. 834/2007 om økologisk produktion og mærkning af økologiske produkter, for så vidt angår økologisk produktion, mærkning og kontrol
- [69] Nørgaard, J.V., 2012. Dietary protein in pig nutrition. I: VSP fysiologi bog kap 8. [http://vsp.lf.dk/Viden/Laerebog\\_fysiologi/Chapter%209.aspx](http://vsp.lf.dk/Viden/Laerebog_fysiologi/Chapter%209.aspx)
- [70] Blanco-Penedo, I., Shore, R.F., Miranda, M., Benedito, J.L., López-Alonso, M., 2009. Factors affecting trace element status in calves in NW Spain. *Livest. Sci.* 123, 198–208.
- [71] Ruxton, C.H.S., Reed, S.C., Simpson, M.J.A., Millington, K.J., 2004. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *J. Hum. Nutr. Diet.* 17, 449–459.
- [72] Kyntäjä, S., Kortelainen, K., Tuori, M., Siljander-Rasi, H., Partanen, K., Koivunen, E., 2014. In vivo digestibility trials of novel feedstuffs (Mussel meal). I: ICOOP Synthesis Report: Improved Contribution of local feed to support 100% organic feed supply to pigs and poultry. s.19–21.
- [73] Holtegaard, L.E., Gramkow, M., Petersen, J.K., Dolmer, P., 2008. Biofouling og skadevoldere: Søstjerne. Dansk Skaldyrcenter.
- [74] Jard, G., Marfaing, H., Carrère, H., Delgenes, J.P., Streyer, J.P., Dumas, C., 2013. French Brittany Macroalgae screening: Composition and methane potential for potential alternative sources of energy and products. *Biosource Technol.* 144, 492–498.

## 5.9 Appendiks til kapitel

Næringsstofindhold i muslinge-, søstjerne-, krabbe og tangprodukter beregnet på baggrund af publicerede værdier. (Referencer se kapitel 5).

	Muslingemel 2,33,35,72	Muslinge Ensilage <sup>2</sup>	Søstjernemel 2,73	Krabbemel 7,8,9	Søsalatmel 13,14,74	Sukkertangsmel 14,74
<b>Næringsstofindhold (% i tørstof)</b>						
Tørstof (i varen)	94.5	29.5	94.1	91.8	65.9	92.2
Råprotein	66.5	57.5	62.8	38.8	17.6	10.4
Råaske	8.8	6.2	27.5	31.4	29.5	-
Råfedt	11.9	15.7	9.2	8.7	1.6	-
Fibre	-	-	-	9.8	24.5	21.3
NDF	4.5	-	-	-	27.4	16.6
ADF	1.7	-	-	-	8.7	-
<b>Mineraler (pr kg tørstof)</b>						
Calcium, g	6.4	1.0	75.5	58.7	24.8	14.1
Fosfor, g	10.2	9.0	22.6	9.8	2.1	3.5
Natrium, g	11.7	16.0	17.0	7.6	17.0	48.5
Kalium, g	21.2	-	9.6	4.0	14.9	88.3
Magnesium, g	1.8	-	5.0	4.0	20.5	39.0
Chlorid, g	22.0	25.0	12.0	14.0	16.3	129.0
Svovl, g	10.5	-	-	-	50.5	-
Jern, mg	340.0	-	491.5	1621.3	799.5	117.0
Kobber, mg	6.5	-	-	46.4	17.0	2.0
Mangan, mg	29.4	-	36.3	72.5	93.5	11.0
Zink, mg	138.8	-	101.5	70.7	31.0	12.0
Jod, mg	-	-	7.6	5.2	-	-
Selen, mg	2.7	-	1.9	-	<100	-
<b>Aminosyrer (g/kg tørstof)</b>						
Alanin	31.0	28.2	34.2	-	11.0	6.4
Arginin	43.8	39.1	34.8	17.3	8.4	3.1
Asparginsyre	49.7	56.9	49.0	-	14.7	8.6
Cystein	8.2	8.1	4.9	6.4	11.0	0.1
Glutaminsyre	80.5	67.3	69.0	-	24.7	12.0
Glycin	38.4	35.1	58.9	-	10.0	5.1
Histidin	12.2	10.9	11.5	5.8	3.7	0.4
Isoleucin	26.9	25.9	15.4	11.5	4.8	1.5
Leucin	41.7	36.8	37.3	16.8	9.7	3.7
Lysin	46.4	43.1	36.7	14.7	7.1	2.9
Methionin	15.2	13.2	14.1	6.8	3.0	1.4
Fenylalanin	23.3	23.0	22.6	12.0	6.7	2.3
Prolin	24.4	21.9	31.0	-	5.2	2.5
Serin	29.4	28.2	26.1	-	8.0	3.7
Threonin	29.2	27.0	23.3	11.3	7.1	1.7
Thryptofan	7.3	6.9	5.1	3.3	-	-
Tyrosin	32.0	-	13.5	11.9	2.6	1.0
Valin	29.0	28.2	28.5	8.7	8.2	2.3



## Appendiks A - Kontaktede personer/virksomheder/organisationer

Anders Pedersen, Hjarnø Havbrug

Anders Lejbach, Musholm A/S

Anita Dietz, Dietz Seaweed

Bjarne Ottesen, Nordisk Tang

Cextin Jørgensen, Guldborg Rejepilleri ApS

Heidi Vinther, Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning

Jens Legarth, Fermentation Experts

Jon kold, Staalcentrum

Jørgen Johansen, Nordjysk Minkfoder A/S

Per Dolmer, Orbicon

Peter Lomholt Langdahl, Kystdirektoratet

Poul Petersen, Seafood-Supply

Susan Holdt, Danmarks Tekniske Universitet og Tangnetværket

Svend Erik Thomsen, GrainWood A/S

Kristian Ottesen, Nordisk Tang

Kim Olesen, Kattegat Seaweed ApS

Lars Holtegaard, Dansk Akvakultur

Marianne Thomsen, Aarhus Universitet

Mette Albrechtsen, Organic Seaweed

Viggo Kjølhede, Foreningen Muslingeerhvervet

