

Kunnskapsstatus; fôr til villfanget, levendelagret torsk

Bjørn-Steinar Sæther og André S. Bøgevik





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

<p><i>Tittel:</i> Kunnskapsstatus; fôr til villfanget, levendelagret torsk</p>	<p>ISBN: 978-82-8296-487-6 (trykt) ISBN: 978-82-8296-488-3 (pdf) ISSN 1890-579X</p>
<p><i>Title:</i> Feed for capture based aquaculture of Atlantic cod</p>	<p><i>Rapportnr.:</i> 6/2017</p>
<p><i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Bjørn-Steinar Sæther og André S. Bøgevik</p>	<p><i>Tilgjengelighet:</i> Åpen</p>
<p><i>Avdeling:</i> Produksjonsbiologi/Ernæring og fôrteknologi</p>	<p><i>Dato:</i> 20.02.2017</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeriparken AS</p>	<p><i>Ant. sider og vedlegg:</i> 17</p>
<p><i>Stikkord:</i> Villfangettorsk, fôrråvarer, formulert fôr</p>	<p><i>Oppdragsgivers ref.:</i></p>
<p><i>Sammendrag/anbefalinger:</i></p> <p>Villfanget levendelagret torsk skal tilbys mat etter maksimalt 4 uker. Den kan så lagres videre inntil 12 uker etter fangst. Lagring ut over 12 uker krever særlig tillatelse, men gitt konsesjon kan fisken benyttes i fangstbasert akvakultur produksjon der fisken føres. I dag benyttes hovedsakelig lodde, sild eller avskjær fra pelagisk industri som fôr. Dette er mat som villfanget fisk i stor grad aksepterer, og man kan også oppnå god tilvekst. Tilgang, kvalitet og pris på lodde og sild varierer, i tillegg er logistikk med lagring og fôring krevende. For at levendelagring og oppfôring av villfanget torsk skal utvikle seg videre er det nødvendig med et formulert fôr som er tilgjengelig uavhengig av sesong og har forutsigbar kvalitet. Kunnskap om torskens ernæringsbehov gjør at man har fôr-resepter som ikke begrenser fiskens vekstpotensiale. Det er imidlertid en utfordring å få fisken til å spise etter at den er fanget, og det er vist i forsøk at andelen varierer med hvilket fôr som benyttes. Denne rapporten oppsummerer kunnskap om fôr til levendelagring og fangstbasert akvakultur basert på torsk.</p>	
<p><i>English summary/recommendation:</i></p> <p>The regulations states that wild cod that are captured and stored alive shall have access to feed within 4 weeks after capture. It is challenging to get fish that has grown up in the wild to accept feed in captivity. The proportion of fish that will feed depend on capture and handling, but even within groups that presumably are suitable for live storage not all will accept to feed. Today the industry use whole capelin or herring to feed wild captured cod. The availability and quality of such food fish varies during the year and between years, so the industry would benefit from a diet with predictable quality and availability, and preferably with a mechanical stability that allows automated feeding. This report summarise knowledge on dietary needs for the Atlantic cod and previous weaning trials undertaken with this type of fish.</p>	

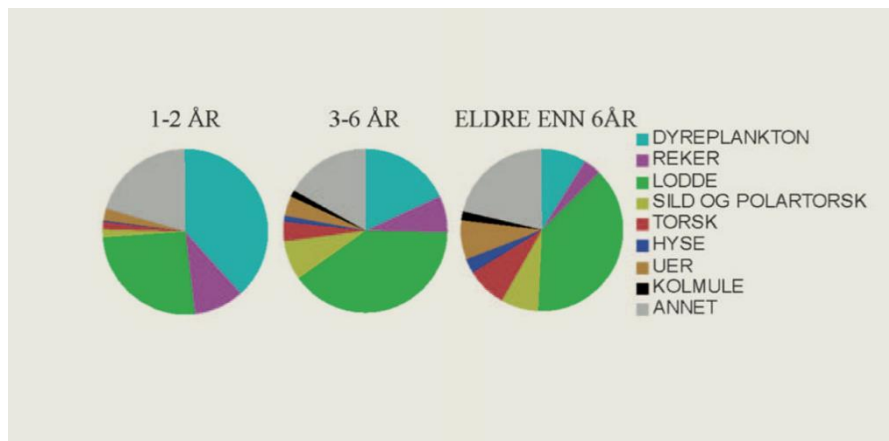
Innhold

1	Fødevalg, ernæring og vekst	1
1.1	Fødevalg i naturen	1
1.2	Torskens fordøyelse	1
1.3	Ernæringsbehov hos torsk	3
1.4	Vekst og energibehov	4
2	Erfaring med fôring av villfanget torsk	6
2.1	Naturlige byttedyr	6
2.2	Formulert fôr	7
2.3	Hvem er det som spiser?	9
3	Videreutvikling av formulert fôr til villfanget levendelagret torsk	10
3.1	Råvarevalg	10
3.2	Fôrformulering	12
3.3	Fôrtyper	12
3.4	Kravspesifikasjon fôr til torsk	12
3.5	Samling Fôr til levendelagret torsk.....	13
4	Referanser	15

1 Fødevalg, ernæring og vekst

1.1 Fødevalg i naturen

Torskens valg av byttedyr varierer med alder, område og årstid, samt at byttets størrelsen øker med fiskens størrelse. I den pelagiske larvefasen er hovednæringen raudåte, mens etter bunnslåing er dietten sammensatt av forskjellige bunndyr, reker, krill og krepsdyr som den viktigste næringskilden. Skrei kan ha næringsøk i hele vannsøylen, mens stasjonær kysttorsk er nært knyttet til bunnen. Ettersom torsk vokser blir annen fisk, inkludert kannibalisme, viktigere i matvalget (Figur 1). Den varierte kosten til torsk gjør den til en opportunist, som spiser det som til enhver tid er tilgjengelig, og som gjør den tilpasningsdyktig til ulike miljø- og næringsforhold (Godø 2005). Torsk synes imidlertid å foretrekke lodde dersom lodde er tilgjengelig, og mengde av andre arter på menyen avhenger av tilgang – på lodde (Johannesen m. fl. 2004). I fangenskap og ved fangst med line ser det derimot ut til at torsk har spesielle preferanser for lukt, smak og konsistens som må etterfølges for å få villfanget fisk til å spise og vokse.



Figur 1 Sammensetningen av byttedyr hos torsk og hvordan den endres med torskens alder (fra Johannesen m fl. 2004)

1.2 Torskens fordøyelse

Torsk har relativt stor magesekk og lang tarm, noe som gjør at den kan spise store måltider som den bruker tid på å bryte ned. Tiden det tar for en torsk å tømme mage og tarm etter et måltid er relativt lang, og den synes å være best tilpasset store måltider med relativt tungtfordøyelig føde (dos Santos og Jobling 1991). I forsøk har vi veid ut mer enn 1 kilo hel lodde fra magesekken til torsk på 3 kilo. Torsken sluker maten sin hel og mekanisk nedbryting foregår i magesekken. Det går flere dager fra torsken har spist en enkelt lodde til den er ute av magesekken igjen; halveringstiden tar rundt ett døgn, mens det er rester igjen selv etter 100 timer (dos Santos & Jobling 1991). En økning i måltidsstørrelse viser at halveringstiden på et sildemåltid øker fra ca. 30 timer til ca. 40 timer med en dobling i måltidsstørrelse (dos Santos & Jobling 1991). Større torsk bruker kortere tid på å tømme magesekken etter et måltid sammenlignet med en mindre torsk, i tillegg til at hastigheten også er temperaturavhengig (dos Santos & Jobling 1991). Det er altså flere forhold som påvirker magetømmingsraten, og ettersom fiskens kapasitet til å utnytte næringsstoffene i maten påvirkes av passeringstid gjennom mage og tarm er det nødvendig å ta hensyn til dette når fôrrecepter skal formuleres og fôringsregimer planlegges.

Torsk har som andre fiskearter mage og tarmkanal med noe høyere pH enn pattedyr, henholdsvis på pH 4 og 8. Den lave pH'en i magen denaturerer proteinstrukturene for å gjøre spaltningen av peptider enklere, og aktiverer mageenzymet pepsin for delvis spaltning av proteinet. Videre i fordøyelseskanalen spaltes proteinet av pankreatiske enzymer til tri- og dipeptider og frie aminosyrer som tarmcellene kan ta opp og utnytte i kroppen. Fôr og ingredienser (f.eks. hydrolysat) med delvis spaltede protein og frie aminosyrer utnyttes dermed mer effektivt enn intakte protein. Behovet for de spesifikke aminosyrene kan i utgangspunktet defineres ut fra torskens aminosyreprofil i muskel (Tabell 1) og generelle behov for fisk (NRC 2011), men tilgjengeligheten for de enkelte aminosyrene vil variere ut fra valg av ingredienser og prosesser under råstoffbehandling, ingrediens og fôrproduksjon. Det er dermed viktig å formulere fôrene innenfor behovet gjennom valg av råvarer og tilskudd av enkelt aminosyrer ved behov. Proteinene brukes i viktige fysiologiske funksjoner, bidrar til muskel vekst og kan også brukes som energikilde. Det er viktig å ha et fôr med en god balanse av protein, fett og karbohydrater slik at mindre essensielle næringsstoffer kan i større grad utnyttes som energikilde. Fett er den mest energirike næringskilden en har, men inneholder også essensielle komponenter som fettsyrer. Torsken kan ikke produsere disse fettsyrene selv, og må få tilført omega-3 og -6 fettsyrene 20:5n-3 (EPA=eicosapentaenoic acid), 22:6n-3 (DHA=docosahexaenoic acid) og 20:4n-6 (ARA=arachidonic acid) gjennom dietten. Dette er viktige strukturer i cellemembraner og har flere fysiologiske funksjoner. Minimumsbehovet for disse omega-3 fettsyrene er 0,5-1 % av fôret (NRC 2011), men en bør opprettholde et noe høyere nivå av disse gjennom produksjonssyklusen (Torstensen m.fl. 2013). Torsk har en mager muskel med ca 1 % fett, hovedsakelig fosfolipider, mens det resterende fett omsettes eller lagres i leveren. Fôr med et høyt fettinnhold vil dermed øke leverstørrelsen til torsken (Karlsen m.fl. 2006). Fettet består av lipider og fettsyrer som spaltes av enzymer i tarmene. Fordøyeligheten, mengde næringsstoffer tatt opp i fisken, av fettsyrer avtar med økende kjedelengde og mettetthet. Dette påvirkes dermed av kvalitet på fett og sammensetning. Karbohydrater tilsettes i hovedsak for å gi fôret en god pelletkvalitet, og binding slik at næringsstoffer ikke lekker ut. En mindre andel karbohydrater utnyttes og lagres som glykogen i muskel og lever. Denne energikilden benyttes stort sett bare under flukt, stress og sult. Stivelse og sukker fordøyes effektivt hvis det tilsettes under 20 % av fôrets tørrstoff. Planteråstoff med høyt innhold av fiber vil øke oppholdstiden i tarmen, og vil påvirke fôropptaket negativt da tarmen er full, og en relativt mindre mengde fôr vil bli fordøyd. I tillegg har mange av disse råstoffene et høyt innhold av antinæringsstoffer som påvirker tarm-mucosa og enzymaktivitet. Det er dermed viktig å ha en riktig sammensetning av hovednæringsstoffene, samtidig som en tilfører mikronæringsstoffer som kan være viktig for fordøyelse, opptak og utnyttelse av næringsstoffer i torsken. I tillegg har disse viktige fysiologiske funksjoner. Makroelementene av mineraler som kalsium, magnesium og fosfor inngår som strukturelle komponenter i skjelettet, kalium, natrium og klor er viktig for individets homeostate, mens sporelementene (jern, jod, sink, selen m.fl.) er essensielle for normal vekst, utvikling og helse. Saltvann inneholder rikelig med natrium, klor og magnesium, mens de andre mineralene må tilføres fôret for å dekke fiskens behov. De fettløselige (A, D, K, og E) og vannløselige (B og C) vitaminene må tilføres fôret. Vitamin A er viktig for normal utvikling, vitamin D er viktig for mineral-homeostasen, mens vitamin C og E er bl.a. viktige antioksidanter.

Tabell 1 Essensielle aminosyrer i g/kg protein i torskemuskel (Rosenlund et al 2005).

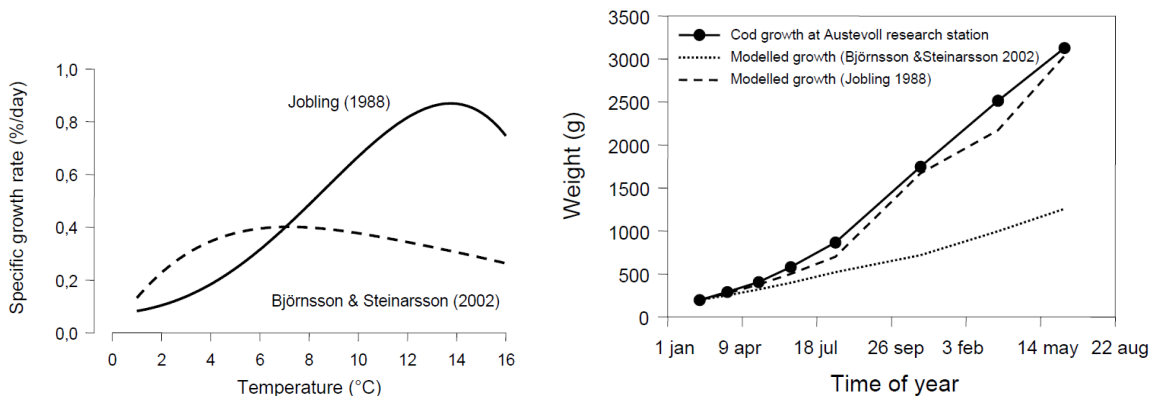
Arginine	55
Histidin	22
Isoleucine	39
Leucine	72
Lysin	88
Metionin	28
Fenylalanin	39
Treonin	39
Tryptofan	11
Valin	39

1.3 Ernæringsbehov hos torsk

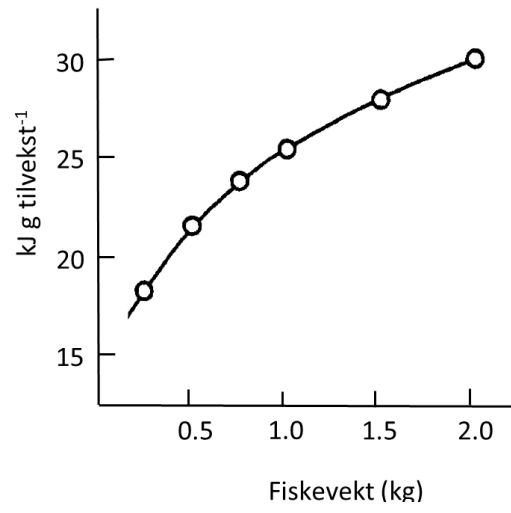
Det er for det meste kun gjort studier av ernæringsbehov for råprotein og fett hos torsk. Morais m.fl. (2001) testet 4 ulike tørrfôrbaserte dietter til Atlantisk torsk som var 1 generasjon oppdrett (avkom etter villfanget stamfisk), og fisken hadde ikke spist annet enn tørrfôr hele livet. I forsøket så de på betydningen av protein:fett ratio i fôret; de sammenlignet to proteinnivåer (48 og 58 %) og to fettinnivåer (12 og 16 %), og konkluderer med at kombinasjonen 48 % protein og 16 % fett gav det beste kompromisset mellom tilvekst, fôrutnyttelse og fôrkost. Tilsvarende, Rosenlund m. fl. (2004) anbefalte at fôr til oppdrettet juvenile torsk (200-900g) bør inneholde 5-600 g/kg råprotein, 130-200 g/kg fett og mindre enn 150 g/kg stivelse for å oppnå god vekst, tilfredsstillende opptak av protein og akseptabel leverstørrelse. Det er i ettertid av dette gjort en rekke oppfølgende studier på juvenile torsk (Hatlen m.fl. 2007; Grisdale-Helland m.fl. 2008; Ingebrigtsen m.fl. 2014). Studiene viser at økt innhold av fett og karbohydrater til fisken øker leverstørrelsen og reduserer slakteutbyttet. Tidligere studier har vist at glutamat i kombinasjon med høyfettfôr kan redusere leverfett og leverstørrelse, men en slik effekt er ikke observert hos torsk (Ingebrigtsen m.fl. 2014). Studiet viste derimot at glutamat hadde positiv effekt på tekstur og farge på filét. I tillegg viste Grisdale-Helland m.fl. (2008) at redusert energiinnhold i fôret førte til økt fôrinntak, mens Hatlen m.fl. (2007) viste at et økt fôrinntak førte til økt levestørrelse og økt større forskjeller mellom torsk gitt fôr med ulik protein og fettinnhold. Torskelever omsettes i stor grad i Norge som en rikt oljekilde, men ettersom markedsverdien av lever er lavere enn for filét, er det ønskelig med høyst mulig slakteutbytte (Mørkøre 2005). Det er dermed viktig å finne en kompromiss i innholdet av energi fra fett og protein for å oppnå høy vekst og akseptabelt fôrinntak og slakteutbytte. Energien som fisken forbrenner for å opprettholde aktiviteter skal dog helst komme fra fett, ettersom protein er en dyrere råvare. Flere studier har dermed vist at redusert protein og økt fett har en proteinsparende effekt med bl.a. økt proteinretensjon hos torsk (Lie et al., 1988; Morais et al., 2001; Rosenlund et al., 2004; Tibbetts et al., 2005; Grisdale-Helland et al., 2007; Hatlen et al 2007), mens det ikke synes å være noen slik effekt av karbohydrater (Hemre et al., 1989). Disse forsøkene er derimot gjennomført med juvenil torsk, og ettersom behovet for protein reduseres med økende fiskevekt kan det hende at proteinnivået kan reduseres ytterligere i fôr til levendelagret torsk.

1.4 Vekst og energibehov

Vekstpotensialet hos Atlantisk torsk er beskrevet av Jobling (1988) og senere Björnsson og Steinarsson (2002), sistnevnte for fisk mellom 2 og 5000 g, og temperaturer fra 2 til 16°C. Modellene predikerer noe ulik tilvekst, og sammenlignet med faktisk oppnådd tilvekst ved forskningsstasjonen på Austevoll viser Joblings modell betydelig bedre nøyaktighet (Figur 2). I tillegg har fôrproduzentene vekstmodeller som ligger til grunn for deres anbefalinger vedrørende fôrbehov til torsk. Man har dermed verktøy som gir grunnlag for hvilken appetitt og tilvekst man kan forvente. Torskens energibehov per gram tilvekst er også beskrevet (Jobling 1988;Figur 3), og man har detaljert kunnskap om torskens ernæringsbehov i en slik grad at reseptene kan komponeres på aminosyrenivå. Grunnlaget for å komponere et fôr som dekker fiskens behov synes dermed å være til stede. Ettersom fiskens kroppssammensetning og metabolisme endres med fiskens størrelse, vil energibehovet per kilo tilvekst være lavere hos en liten torsk sammenlignet med større torsk (Jobling 1994). Eksempelvis vil en torsk på 10 g kreve ca. 12 MJ, mens en torsk på 1000 g kreve ca. 17 MJ for å vokse ett kilo (basert på data fra Björnsson et al. 2001). I levendelagringsammenheng er det likevel en utfordring å komponere og presentere et fôr som torsken vil akseptere og venne seg til å spise.



Figur 2 Vekstmodeller for torsk om viser sammenhengen mellom temperatur og daglig tilvekst i prosent av kroppsvekt for en torsk som veier 1 Kg til venstre, og hvordan disse modellene passer til faktisk tilvekst hos torsk holdt ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon på Austevoll (fra Bailey et al 2004).



Figur 3 Energibehov i Kilojoule per gram tilvekst med økende størrelse hos Atlantisk torsk (Jobling 1988).

2 Erfaring med fôring av villfanget torsk

Det finnes en del tidlige publikasjoner basert på villfanget torsk, og noen av disse er omtalt av Jobling (1988). Flere av disse arbeidene viser til problemer med stor lever hos torsk som spiser formulert fôr, noe som tolkes som at fisken har god næringsmessig status. Dette er ikke nødvendigvis riktig, ettersom fisk som spiser mye naturlige byttedyr også vokser raskt uten at de utvikler unaturlig stor lever. Jobling peker på at dette sannsynligvis skyldes at formulert fôr tømmes for raskt fra magesekken og at dette fører til enten; overbelastning av fordøyelseskapasiteten i tarmen som fører til redusert opptakskapasitet, eller endret hastighet på næringsopptak som fører til økt fettsyntese og deponering. Joblings teori ble testet i et senere arbeide (dos Santos m.fl. 1993) der de sammenlignet fôrutnyttelse og tilvekst hos torsk som ble fôret sammenlignbare dietter basert på sild, der den ene bestod av hel sild og den andre av oppmalt sild. Torsken ble fôret til metning en gang per dag, og det var ikke signifikant forskjell i tilvekst mellom gruppene, men fisken som fikk fôr basert på oppmalt sild, og som var lettere for torsken å bryte ned i magesekken, hadde dårligere fôrutnyttelse, lavere proteinutnyttelse og utnyttet energien i maten dårligere sammenlignet med gruppen som ble fôret til metning daglig med hel sild (dos Santos m.fl. 1993). Hvor lett nedbrytbart føden er har betydning for hvor effektivt torsken klarer å utnytte den, og maten bør gi torskens fordøyelsessystem noe å jobbe med for at fisken skal klare å utnytte føret best mulig. Dos Santos og Jobling (1988) observerte ingen forskjell i magetømmingsrate hos torsk som fikk hel sild sammenlignet med sild som var delt opp i 5 biter, mens den gikk betydelig raskere hos torsken som ble fôret tilsvarende mengder mat basert på oppmalt sild. Magetømmingshastigheten påvirker hvor lenge et måltid er tilgjengelig for næringsopptak i tarmen. Tidligere studier (ca. før 1990) på fôrsammensetting og behov for næringsstoffer kan dermed ha overestimert behovet for protein for torsk (Jobling 1988), ettersom fisk som fikk dietter med høyt proteinnivå fortsatt deponerte mye fett i leveren fordi fisken ikke var i stand til å utnytte proteinet til muskelvekst. Fra et nyere studie er det vist at torsk som spiser skalldyr bruker lengre tid på tidlig fase av nedbrytingen i magesekken, og denne varierer med hvor tykt skall maten har, mens siste fase av tømmingen kan gå relativt raskt (Couturier m.fl. 2013), kanskje så raskt at det går ut over fôrutnyttelsen.

2.1 Naturlige byttedyr

Det er vanlig å bruke enten hel lodde eller sild som fôr til levendelagret torsk. Det er relativt enkelt å få store andeler av fisken til å spise lodde eller sild, men man må påregne å bruke en del tid i tidlig fase; perioden som ofte kalles for weaning eller weaningperioden. Denne perioden er avgrenset til tiden det tar å tilvenne fisken å spise en ny type mat. I denne tidligfasen har næringsaktører erfart at flere fisk kommer raskere i gang dersom de bruker tid på fôringen slik at føret er tilgjengelig ofte og over en lengre periode på dagen. Mange små måltider fremfor noen få større. Flere kommersielle aktører har erfart at det har liten hensikt å forsøke å tilby fisken mat de første 3-4 ukene, ettersom de uansett viser liten interesse av å spise innledningsvis. Dette er ikke dokumentert men varigheten av denne perioden avhenger sannsynligvis av sesong, om fisken er på beitevandring, kjønnsmodner samt hvor påkjent den er etter fangst, fôring og håndtering. Det ville være nyttig å samle inn erfaringer fra ulike fangster der man kjenner til forhistorien til fisken fra fangst til mottak, ettersom dette vil gi indikasjoner på hvorvidt man kan komme i gang med fôring tidligere. Praktiske erfaringer ved ToBø Fisk i Havøysund viser at ved weaning av villfanget torsk ved bruk av sild kan det ta en periode på 20-22 uker før all fisken i merden spiser. Det aller meste av fisken begynner å spise i løpet av de første ukene, men en andel fisk synes ikke å ta del i konkurransen om maten. Denne fisken

skiller seg etter hvert ut med lavere vekt og generelt dårligere hold. Over tid, og kanskje tydeligst i perioder med utslaktig av fisk, har man observert at denne andelen fisk blir stadig lavere, og kan bli helt borte (man antar da at 100 % av fisken etter hvert spiser men dette er ikke dokumentert). Dette kan tyde på at all fisk potensielt kan rekrutteres inn som spisere i løpet av weaningen, alternativt at disse forsvinner på annen måte.

Ved Nofima har man erfaring med bruk av hel lodde som fôr til villfanget levendelagret torsk. Ved to anledninger, 2009 og 2011, har torsk blitt fôret opp over en periode på flere uker der det har vært mulig å følge andel fisk som har spist underveis (Sæther m.fl. 2012). Dette var fisk fanget i Vesterålen, som ble satt inn i forsøk på våren. I 2009 fulgte vi opp torsk fôret med lodde over en periode på 9 uker. Da var andelen fisk som spiste første uke på rundt 40 %, og andelen økte til ca. 70 % innen uke 3. Etter 9 uker var denne andelen oppe på mellom 80 og 90 %. I 2011 fulgte vi en tilsvarende gruppe torsk, også den fanget i Vesterålen, over en periode på 6 uker. Denne gangen kom fisken litt senere i gang, ettersom rundt 15 % spiste første uken mens andelen økte til ca. 30 % i uke tre og endte på ca. 60 % etter 6 uker. Resultatene fra 2009 er på linje med tall fra ToBø Fisk AS for samme periode. Tilveksten hos fisken varierte mye begge år, noe som i stor grad forklares av at ikke all fisken spiste. Tilveksten var på nivå med hva man kan forvente for torsk gitt fiskestørrelse og temperatur; mellom 0.31 og 0.43 % av kroppsvekt per dag (Jobling 1988). I 2009 endte torsken opp med en leverindeks på rundt 12 %, men med enkeltindivider så høyt som 16 %, selv om de bare fikk lodde. I 2011 var leverindeksen rundt 6 % ved avslutningen, noe lavere enn tilsvarende ved samme tid i 2009. Ettersom fisken var individmerket kunne vi skille ut fisken som ikke hadde positiv tilvekst gjennom forsøket, og som dermed sannsynligvis ikke hadde spist. Ser vi på tilveksten kun hos fisk som spiser vokste torsken nær 0.6 % per dag. Dette er bedre enn hva man kan forvente ut i fra tabelltilvekst, noe som kan skyldes en respons som ofte refereres til som kompensasjonsvekst (Jobling m.fl. 1994).

2.2 Formulert fôr

I forsøk gjennomført hos Klo på Myre i Vesterålen observerte man svært god appetitt hos levendelagret torsk som ble tilbudt et fôr basert på basekonservert avskjær fra hvitfisk og pelagisk industri (Gelly Feed). Fisken ble raskt tilvent fôret og viste god appetitt; 100 % av fisken spiste etter en uke (Geir Olsen, Pers. medd). Fôrutnyttelsen og tilveksten hos fisken var imidlertid svært dårlig, og etter å ha brukt 40 tonn fôr, og forventet en dobling av biomasse, så man faktisk ingen tilvekst. Problemet lå i perioden av råvarene var lagret i basisk tilstand. Senere ble resepten korrigeret, og resultatene viste at torsk vokste tilnærmet kontrollgruppe når GellyFeed var produsert av en blanding av hvitfisk- og sildeavskjær som ikke hadde vært basekonservert over lang tid (Bækken 2008). Ulempen her er at man har bare en periode på 3 dagers lagringstid av råvarene. Fôret kan imidlertid lagres frosset eller syrekonservert etter at det er produsert.

Tidligere weaning av torsk hvor man har testet ut bruk av tørrfôr har gitt noe varierende resultater. I et forsøk gjennomført i Vesterålen ble villfanget torsk forsøkt weanet til tørrfôr (Bjørnevik og Eliassen, 2007). Fôret var forøvrig ubehandlet, med vanninnhold på under 10 % og hadde dermed svært hard konsistens. Torsken i forsøket viste liten vilje til å spise dette fôret. Det fremgår ikke hvor stor andel som spiste, men gjennomsnittsmålinger på vekt indikerte et vekttap på ca. 0,05 % per dag de første 7-8 ukene. Kontrollgruppen som fikk hel frosset sild med innslag av lodde, vokste i samme periode med 0,65 % per dag (heller ikke her er andel spisere presentert). Denne tilveksten ble imidlertid ikke opprettholdt over tid, noe som kan skyldes at den var en følge av kompensatorisk

tilvekst. På grunn av manglende tilvekst i tørrfôrgruppen ble behandlingen avbrutt, og all fisken ble fôret med sild gjennom resten av forsøket (gjennomsnittlig tilvekst over hele forsøket var 0.35 % av kroppsvekt per dag). I de to påfølgende periodene vokste fisken som innledningsvis fikk tørrfôr bedre enn fisken som hele tiden fikk sild. Dette kan delvis skyldes samme kompensatoriske vekstrespons som nevnt tidligere, men en vesentlig del av forklaringen ligger også i den andre perioden som strakk seg over vel 2 måneder. Da var det gruppen på sild som ikke vokste (under 0.05 % tilvekst per dag). Ettersom tilveksten gjennom forsøket er så varierende er resultatene som sådan er lite egnet til å evaluere egnetheten av tørrfôr til weaning av villfanget torsk.

Fra weaning av andre arter er det klart at det er viktig at fôret er mykt, og fôrets tekstur er en vesentlig egenskap for hvorvidt fisk aksepterer det eller ikke etter at fisken har tatt fôret i munnen (Siikavuopio & Knudsen 2001; Jobling m.fl. 2001;). Denne siste «godkjenningen» av maten som fisken gjennomfører observeres ofte i fôringssituasjoner ved at torsken tar fôret i munnen og spytter det ut gjentatte ganger før den forlater det eller eventuelt aksepterer det og spiser. I samarbeid med en kommersiell aktør ble det i 2007 gjort forsøk på å fôre opp torsk med et tørrfôr tilsatt ferskvann. Her lyktes man med å få 58 % av fisken til å vokse gjennom en periode på rundt 3 måneder (Sæther m.fl. 2009). I tidligere omtalte forsøk fra 2009 fikk en gruppe tilbudt tørrfôr som var bløtt opp i ferskvann. Vanninnholdet økte dermed til 25 % på vektbasis, og fôret ble mykere utenpå men fortsatt med en fast kjerne. De første par ukene var interessen for det formulerte fôret lav, kun 10-12 % av fisken spiste etter 2 uker. Andelen økte noe etter hvert slik at rundt 30-40 % spiste etter 9 uker. Dette er betydelig lavere sammenlignet med kontrollgruppen som fikk lodde (ca. 80 %). Tilveksten varierte svært mye, og en del av fisken hadde betydelig vekttap, slik at gjennomsnittlig tilvekst per dag for hele perioden var nær null (0.03 % per dag). Tar man utgangspunkt i innkjøp av 1000 kilo har denne biomassen økt til 1047 kilo etter 9 uker med fôring. Til sammenligning ville samme fisk økt vekten til 1396 kilo dersom den ble fôret med lodde. Går man nærmere inn på den andelen som faktisk har spist vanntilsatt tørrfôr så viste denne gruppen en tilvekst på 0.34 % per dag. I 2011 ble et annet formulert fôr testet. Denne gangen fikk villfanget torsk tilbudt et kommersielt tilgjengelig fôr til marin fisk fra Skretting (Amber Neptun 100), et tørrfôr som er malt opp og tilsatt 25 % vann og 5 % krillmel som attraktant. I tillegg inneholder fôret 7.5 % en binder (Aquasoft) som gjør at det kan pelleteres på nytt til 9 mm mykpellets. Dette fôret er basert kun på marine råvarer med 42.5 % protein, 13.3 % fett og 33 % vann. Sammenlignet med vanntilsatt tørrfôr fra 2009 gav dette en marginalt bedre tilvekst (0.07 % per dag). Andelen fisk som spiste var igjen lavere enn kontrollgruppen som fikk lodde (34 vs 60 % etter 6 uker), og ser man kun på fisken som hadde spist viste den en tilvekst tilsvarende 0.41 % per dag. Forsøket viste dermed at dersom torsken først aksepterer det formulerte fôret synes den å opprettholde fôrintak over tid, men det gir altså fortsatt lavere tilvekst sammenlignet med torsk som spiser lodde. Fisken som vokser best forventes å ha høyest leverindeks, dersom fôret for øvrig er tilpasset fiskens fordøyelse og behov, og dette synes også å være tilfellet med vanntilsatt tørrfôr. Det kan være verdt å se nærmere på resultatene i fra mykfôret i 2011 i så måte, ettersom leverindeksen i begge gruppene er svært like mellom behandlingene underveis, til tross for at gruppen på mykfôr hadde lavere tilvekst. Skal man lykkes med et formulert fôr synes det derfor nødvendig å øke andelen fisk som spiser det samtidig som man ser på sammensetting, fordøyelighet og fiskens evne til å omsette fôret i muskelvekt.

2.3 Hvem er det som spiser?

Etter at fisken er sortert fra båt og inn i mottaksanlegg skal kun fisk som er egnet for levendelagring være med videre. Til tross for at fisken tilsynelatende er egnet for levendelagring, er det forskjell i fiskens egen motivasjon til å spise. Fra forsøk med individmerket fisk kan ikke individene som senere begynner å spise identifiseres på bakgrunn av ytre trekk eller morfometriske målinger (lengde, vekt eller kondisjon). En mangler dermed gode sorteringskriterier som kan benyttes for fysisk sortering. (Sæther m. fl. 2012). Fiskens størrelse synes ikke å bestemme hvorvidt den senere vil begynne å spise. Det synes heller ikke som at variasjon i størrelse mellom fisk i samme merd har særlig betydning. Ytterligere sortering av fisk på størrelse enn hva som gjøres i næringen i dag synes dermed ikke bedre resultat av weaningen. Det er mulig at man kan benytte fiskens motivasjon til å spise til å sortere den, men her gjenstår fortsatt forbedring og evaluering av metoden.

Observasjonene fra praktisk drift tyder imidlertid på at der kan være sosialt betingede forskjeller i tilgang på mat. Til tross for at det ikke ser ut til at det er den største fisken som får maten, så synes det være en tendens at fisken som ikke får mat i hovedsak finnes blant de av mindre størrelse sammenlignet med resten av gruppen. Over tid kan det imidlertid se ut som at denne fisken også begynner å spise. Siden man ikke har mål på tilvekst hos enkeltfisk gjennom en slik periode er det i tillegg nyttig bare å dokumentere utviklingen i kommersielle merder. Enkelte næringsaktører er veldig klare på at det er nødvendig å fordele fisken i merd etter størrelse før fôringen starter, og i «Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen», som regulerer aktiviteter innen 12 uker, er det krav om likeartet størrelse på fisken ved oppstart fôring.

3 Videreutvikling av formulert fôr til villfanget levendelagret torsk

Tatt i betraktning de erfaringer en har fra fôring av villfanget og oppdrettet torsk vil en kunne videreutvikle et formulert fôr for å øke antall spisere og fôrinntaket til den enkelte fisken. Dette har delvis lyktes i villfanget torsk ved bruk av fôr med høy andel marine råstoff, og fôr med en myk konsistens. Torsk som er oppdrettet har også en weaning periode, i overgangen fra levende fôr til tørrfôr, i larve-yngelfasen (Oppsummert av Brown m. fl. 2003). I denne fasen er det også vist at mykfôr, økt tilgjengelighet av næringsstoffer og kombinasjonsfôring med naturlig bytte gir de beste resultatene. Videre fôrutvikling må ta utgangspunkt i denne erfaringen, i kombinasjon med valg av ingredienser og ernærings sammensetning for optimalt fôrinntak og vekst.

3.1 Råvarevalg

Torsk har et høyt behov for protein ettersom den har en begrenset evne til å utnytte karbohydrat og fett. Fiskemel er fortsatt en viktig bestanddel i dagens fiskefôr med den gunstige ernæringsmessige sammensetningen av protein, fett og mikronæringsstoffer. Laksefôr har derimot endret seg de siste 25 årene fra å være et marint fôr (90 % marine ingredienser) til i dag være et fôr som hovedsakelig består av planteingredienser (mindre en 30 % marine ingredienser) grunnet den store etterspørselen av ingredienser til den voksende oppdrettsnæringen (Ytrestøy m.fl. 2015). Ingredienser fra planter kan også være viktige råvarer i torskfôr, men må begrenses ut ifra innhold av antinæringsstoffer og mangel på næringsstoffer som må tilsettes som tilskudd i fôret. Planteråstoff av hvete, mais, havre, rug m.fl. består hovedsakelig av sukker, stivelse og fiber, som vil gi fôret god struktur og binding. Av disse er hvete den mest brukte binderen, mens hvetegluten er en god proteinkilde med høy fordøyelighet. I motsetning har belgfruktene (*Leguminosa*) soya, bønner, erter m.fl. et innhold av protein og fett, mindre mengder stivelse, men også relative stor andel fiber og antinæringsstoffer. Protein er den viktigste næringskilden i disse råstoffene, mens fiber og antinæringsstoffer kan påvirke fordøyelsen negativt. Det benyttes dermed i laksefôr prosessertes ingredienser av disse som soyaproteinkonsentrat og erterproteinkonsentrat med et lavere innhold av fiber og antinæringsstoffer. Disse kan også benyttes i fôr til oppdrettet torsk så sant aminosyreprofilen og fettsyreprofilen er optimalisert i disse diettene (Hansen og Hemre 2013). I tillegg er det en rekke oljefrøplanter som er og kan være interessant for oppdrettsfôr. I dagens laksefôr kommer oppi 70 % av fôroljen fra planter, hovedsakelig rapsolje (Torstensen m.fl. 2013). I tillegg introduseres det en rekke nye oljekilder med et høyere innhold av den kortkjedet n-3 fettsyrer 18:3n-3, inkludert camelina-olje. Men som nevnt tidligere kan ikke torsk som laks lage de langkjeda n-3 fettsyrer DHA og EPA. Hixson m.fl. (2014) viste effekten av dette ved å erstatte fiskeolje med camelina-olje i fôr til torsk og laks. Mens, torsken viste reduserte vekst var det ingen forskjeller i vekst hos laks som hadde fått fiskeolje sammenlignet med fisk fått fôr med camelina-olje som eneste oljekilden. Oppsummert av Hansen og Hemre (2013) kan torsken likevel ha en diett med lavt innhold av fiskolje, så sant bidraget av n-3 fettsyrer kommer fra andre kilder som f.eks. høyfett fiskemel.

Nye ingredienser valideres i dag ved å beregne fordøyelig protein og energi av enkelt ingredienser i biologiske forsøk med fisk. Tibbets m.fl. (2006) viste fordøyelighet i torsk av 2 fiskemel, 3 krepdyrmel, 2 animalske mel fra biprodukter og 8 mel fra planter. Proteinkonsentrat fra planter, fiskemel og krepdyrmel fra krill og krabbe hadde høyest fordøyelighet. Dette viser at prosesserte planteråstoff og høykvalitets marine råstoff er potensielle råvarer som kan skape gode ingredienser til torskfôr. Det er gjennomført en rekke studier på effektene av å erstatte fiskemel/marine råvarer

med ulike planteprotein i fôr til torsk. Til tross for at reseptene er tilpasset fiskens behov for begrensende næringsstoffer viser forsøkene varierende resultater dersom planteprotein utgjør over 40 % av proteinet i dietten (Hansen m.fl. 2013). Noen finner at tilveksten tilsvarer kontrollgrupper fôret med fiskemelbaserte dietter (Albrektsen m.fl. 2006; Refstie m.fl. 2006; Hansen m.fl. 2007a), mens andre måler redusert vekst ved høy innblanding av planteprotein (Hansen m. fl. 2007a,b; 2011; Karalazos m.fl. 2007; Lekva m. fl. 2010). Dog det er som nevnt tidligere viktig å skille mellom hvilke planteproteiner som testes. Fullfett mel fra f.eks. soya med et høyt innhold av antinæringsstoffer sammenlignet med et mer gunstig soyaproteinkonsentrat vil kunne påvirke tarmhelsen betraktelig og dermed gi ulike resultat i slike forsøk (Olsen m.fl. 2007). Videre kjenner man lite til torskens ernæringsbehovet utover protein og fett. Fôrformuleringer vil dermed i stor grad basere seg på behovstall fra andre arter (NRC 2011), som i noen tilfeller ikke nødvendigvis er tilstrekkelig. Minimum behov for lysin hos torsk er f.eks. satt til 26.2 g/kg tørrvekt fôr (Grisdale-Helland et al 2011), noe som er noe høyere enn for laks. Samtidig finner næringsstoffer tilgjengelig i ulike former. Mineraler som fosfor er lettere tilgjengelig i fiskemel sammenlignet med planteingredienser, og Kousoulaki m.fl. (2010) viste at tilsetning av P i fôr gav positiv effekt på lengdevekst og fôrutnyttelse hos juvenil torsk. Tilsvarende Toppe m. fl. (2006) viste at innblanding av marine mineraler (enten mel fra krabbeskall eller rekeskall) gav en positiv effekt på fôrinntak og tilvekst hos torsk. Hansen m.fl. (2013) fant ikke en tilsvarende effekt i sine forsøk, noe de tror kan skyldes at fôret til deres kontrollgruppe hadde en bedre fiskemelkvalitet, og at den positive effekten Toppe m. fl. beskrev kunne skyldes at tilsetningen løftet kvaliteten på en ellers ubalansert diett. Bruk av marine mineraler kan dermed være interessant dersom det kan åpne for bruk av råvarer som ellers er begrensende. Ettersom spesielt rekeskall-mel i for høy innblanding kan gi negative histologiske endringer i tarmvev hos torsk (Hansen m. fl. 2013), er viktig å være kritisk til bruken.

Den økende interesse for økt utnyttelse av marine biprodukter, enten i form av ensilasje eller havgående fartøy som kan produsere fiskemel (Ringdahl et al 2015) er dermed berettiget til å være en god ressurs i fôr til oppdrettsfisk. Og det er vist at torsk er avhengig av en viss tilførsel av lav molekylære forbindelser som finnes i fiskemelsprodukter for å opprettholde en effektiv fôromsetning (Aksnes m.fl. 2006). I tillegg er andre produksjonsformer som multitrofiskoppdrett (oppdrett av tang/tare, blåskjell m.fl. i nærheten av lakseoppdrett) oppadgående med et potensial til å produsere nye ingredienser som kan komme i nær fremtid. Nye fiskerier kan også forekomme fra lavtrofiske arter, inkludert krill som har vært benyttet en tid nå. Mange av disse produktene/artene har høyt innhold av bein/skall som øker askeinnholdet og kan potensielt senke ernæringsverdien av ingrediensene. Fôringsforsøk med oppdrettstorsk på 2-500 g har derimot vist at fiskemel kan erstattes av mel fra fiskebein og biprodukter fra krabbe (Toppe m.fl. 2006). Studiet viste at torskefôr kan inneholde 180 g kg⁻¹ aske fra fiskebeinmel og 150 g kg⁻¹ aske fra krabbemel uten betydelig negativ påvirkning på vekst og fôromsetning. Tibbets m.fl. (2006) viste derimot at fôr med rekemel med 150 g kg⁻¹ aske hadde lavere fordøyelighet av protein og energi enn andre marine mel av krabbe og krill med et askeinnhold på 100 g kg⁻¹. I tillegg er det vist at skånsom prosessering som frysetørking bevarer vannløselige komponenter i råvaren og har vist å øke vekst og fordøyelighet hos juvenil-torsk (Tibbets m.fk. 2011). Produktutvikling av disse råvarene vil dermed være et viktig aspekt i den videre utviklingen av ingredienser som kan kommersialiserer til bruk i fôr til villfanget levendelagret torsk.

I tillegg er den er rekke andre råvarer som i dag brukes i større grad til oppdrettsarter utenfor Europa, og med stor konkurranse til andre næringer som i fôr til for eksempel kjæledyr. Dette kan være blod, avskjær og bein fra landbruksdyr og fjærfe. Det er lagt noen restriksjoner på import av

disse råvarene pga faren for spredning av smittsomme sykdommer, men Mattilsynet har de senere årene gitt tillatelse til bruk av ingredienser fra noen av disse råstoffene. Tidligere forsøk har derimot vist at testede ingredienser fra disse råstoffene (biprodukt fra fjærfe og fjærfemel) innehar en for dårlig kvalitet, med lav protein og energifordøyelighet hos torsk (Tibbetts m.fl. 2006). Videre utvikling av potensielle råstoffer til ingredienser som er interessante for oppdrettsnæringen er dermed nødvendig. Andre kilder råstoff det er økede interesse for er produkter fra encellede organismer som bakterier, gjær og mikroalger. Det finnes på markedet i dag fermenterte produkter av mikroalger og gjær med et høyt innhold av omega-3 fettsyrer som kan brukes som delvis erstatning til fiskeolje (Kousoulaki m.fl. 2015).

3.2 Fôrformulering

I industrien er det vanlig å bruke formuleringsprogram for å sette sammen aktuelle råvarer til fullverdig fôr til en lavest mulig pris (least-cost-formulation). Innholdet av protein, fett og karbohydrater bestemmer fôrets energiinnhold (se avsnitt over). Samtidig må en ha kunnskap om fordøyelighet av næringsstoffene i de enkelte ingrediensene for å kunne beregne hvor mye av energien som kan nyttiggjøres av torsken. Dette kan variere ut i fra ferskhet, lagring, prosessering og innhold av næring- og antinæringsstoffer. En kan dermed formulere fôrene ut fra gitte kriterier av ingredienser, næringsstoffsammensetning og behov.

3.3 Fôrtyper

I dagens oppdrett av fisk er ekstrudering den dominerende fôrproduksjonsformen. Dette er en elte og koke prosess som utøver stort trykk på fôrblendingen og skaper dermed fôrpartikler med høy styrke, og som er mer fleksibel i forhold til tilførsel av olje og synkeegenskap sammenlignet med presset/pelletert fôr. Den høye varmen i ekstruderen skaper kryssbindinger av næringsstoffer og gir en porestruktur som kan tilføres mye olje. I tillegg vil denne varmen immobilisere fiskepatogener, samt deaktivere enzymer og noen potensielle antinæringsstoffer som kan påvirke fordøyelsen negativt. Fôret tørkes ned til under 10 % vann, og er dermed lagringsstabil i flere måneder. Dette er en produksjonsform som er enkel å standardisere, der kvalitetskontroll og sporing kan gjøres effektivt. I denne prosessen brukes tørr og lagringsstabile ingredienser som transporteres og lagres i store kvanta, sammenlignet med tidligere produksjonsformer der en brukte ferskt avskjær, helfisk, vitaminer, mineraler og binder for å lage et våtfôr. Dette var et ferskprodukt, med lav vannstabilitet, men dette produktet er også videreutviklet ved bruk av alginat (Gellyfeed). Det høye vanninnholdet i dette fôret stimulerer fôropptaket, men per dags dato brukes denne typen fôr i liten grad. Et alternativt til denne fôrtypen er tilføre vann til ekstrudert fôr før/under utfôring (se Sæther m.fl. 2012; samt avsnitt over). Det er i denne sammenhengen utviklet utstyr for å gjøre denne prosessen mer effektiv i kommersiell skala, eksempelvis tilsvarende coating-teknologi der vann dras inn i fôret ved hjelp av vakuumpumpe.

3.4 Kravspesifikasjon fôr til torsk

Logistikk og kostnadseffektive løsninger må utvikles skal oppdrett av villfanget levendelagret torsk oppskaleres. Et av det viktigste momentene er å utvikle fôr som øker antall spisere og tilveksten til fisken. Ekstrudering er den mest kostnadseffektive metoden å produsere fôr. Dagens laksefôr har et høyt krav til pelletstyrke grunnet logistikk-løsninger, bulklagring og utfôringssystemer som krever den

høye kvaliteten for å hindre brekkasje og tap av biomasse i støv. Kan en senke disse kravene i fôr til villfanget levendelagret torsk er det mulig å produsere et mer fleksibelt fôr som er mykere og kan gi en konsistens som er mer akseptabel for torsken. I tillegg må fôret innehold lukt og smak som tiltrekker. Elektrofysiologiske studier av aktive komponenter i akkar som stimulerer luktorganene hos torsk har vist at aminosyrer er den viktigste attraktanten (Johnstone og Mackie 1990; Yacoob m.fl. 2004). Adferdsstudier har vist at glycin etterfulgt av alanin er de viktigste enkelt aminosyrene for å stimulere søk etter føde hos torsk (Ellingsen og Døving 1986). Forfatterne viste videre at det er synergiske effekter mellom glycin, alanin, prolin og arginin som overgår stimulering av føde søk sammenlignet med aminosyresammensetningen av naturlige ekstrakt fra reke. Et visst innhold av hydrolyserte marine produkter med et høyt innhold av frie aminosyrer og lavmolekylære forbindelser er dermed å anbefale til en har fått fisken til å spise. Videre kan en optimalisere fôret ut fra least-cost prinsippet så lenge en ser til at kombinasjoner av ingredienser og ernæringsmessig sammensetning er tatt i vare i forhold til tidligere erfaringer og behov (se avsnittene over).

3.5 Samling fôr til levendelagret torsk

Kunnskapsoppsummeringen ble presentert på et eget møte der flere aktører fra næringen var samlet sammen med to førselskaper og forskningsmiljø. Førselskapene (Skretting og Biomar) fokuserte på porteføljen de har tilgjengelig i dag, som i hovedsak er basert på oppdrett av marin hvitfisk. Begge har resepter til torsk som ikke er begrensende for fiskens ytelse, gitt at fisken spiser det.

Skretting har i tillegg et konsept kalt Clean soft, som er et mykfôr beregnet på leppefisk. Dette er et tørrfôr som legges i en agnpose hvor den bløtes opp i vannet og fisken kan beite på det. Dette konseptet er tilpasset leppefiskens spiseadferd og er ikke direkte overførbart til torsk. Det kan likevel være nyttig å ta med erfaringer med bruk av binder og hvordan fôret bløtes opp uten å gå i oppløsning når det kommer i vann.

Biomar har også et fôr som er tilpasset villfanget Berggyllt. I tillegg har de gjort noen forsøk med oppdrettstorsk og funnet positive effekter på fôrinntak ved innblanding av krillmel. De har også resultater som viser økt fôrinntak hos torsk når de tilsatte vann i fôret, også om de sammenlignet på tørrstoffbasis. Dette var forsøk gjennomført på oppdrettstorsk som var tilvent tørrfôr.

En levendelagringsaktør gav uttrykk for at de var fornøyd med lodde som fôr til torsken ved kortere tids lagring, og at de var skeptisk til å benytte formulert fôr ettersom det kunne påvirke kundenes oppfatning av produktet. De hadde erfaring med at kunder i noen grad var negativt innstilt til oppdrettsfisk. Dersom de benyttet lodde eller sildeavskjær ble fisken fortsatt oppfattet som en villfisk. Her er historien de forteller rundt produktet sitt viktigere enn faktisk kvalitet på fôret. Imidlertid var også de klare på at de så store fordeler med formulert fôr og dersom de kunne velge fritt så ville de gått for et formulert tørrfôr. Spesielt aktører som planlegger å lagre fisken lengre enn 12 uker ser nødvendigheten av et formulert fôr med kontrollert næringsinnhold. Dette fôret kan gjerne være tørrfôrbasert, med de fordelene dette har for lagringsstabilitet, transport og utfôringsteknologi.

Fôrets tekstur synes å være viktig, villfanget torsk synes mer villig til å akseptere mykt fôr sammenlignet med tørrfôr. Vanninnholdet i tørrfôr er regulert av egne forskrifter av hensyn til muggdannelse og lagringsstabilitet. Dersom en kan konservere fôret på en måte som bevarer en myk

tekstur, vil det sannsynligvis være en fordel. Tidligere erfaringer med hygienisert våtfôr (Gelly Feed/Rubinfôr), som også er omtalt tidligere i oppsummeringen, tyder på dette.

Noen aktører har tilgang til fôrråvarer i form av restråstoff fra fiskeindustri og vil ha fordeler med lett tilgjengelige billige råvarer. Slike kan relativt enkelt inngå i en myk/våtfôr-resept som produseres lokalt. I så fall vil de ha behov for en premix med binder og vitamintilsetning fra fôrprodusentene, og man må også besitte et minimum av kompetanse på ernæring for å gjøre de riktige valgene når ulike råvarer skal kombineres. Dette var slik flere lakseoppdrettere produserte eget fôr lokalt tidligere. Man må likevel huske på at selv om dette er restråvarer som er lett tilgjengelige, så har de også en kostnad i form av alternativ verdi ved salg der eksempelvis sildeavskjær kan oppnå en betydelig kilopris.

Dersom fisken aksepterer det var det enighet om at et ferdigprodusert lagringsstabil fôr ville være det aller beste. Ettersom man har god oversikt over torskens behov for makro og mikronæringsstoff, ligger den viktigste utfordringen fremover i å utvikle et fôr som villfanget torsk aksepterer som mat og er villig til å spise. Fôret må videre gi best mulig tilvekst, ettersom man er avhengig av å øke biomassen, ikke bare vedlikeholde den, dersom man skal ta på seg kostnader og risiko ved å lagre fisken over lengre tid.

4 Referanser

- Aksnes A, Hope B, Høstmark Ø & Albrektsen S (2006) Inclusion of size fractionated fish hydrolysate in high plant protein diets for Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 261(3):1102-10.
- Albrektsen S, Mundheim H & Aksnes A (2006) Growth, feed efficiency, digestibility and nutrient distribution in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed two different fish meal qualities at three dietary levels of vegetable protein sources. *Aquaculture* 261(2):626-40.
- Bjørnevik M & Eliassen RS (2007) Delrapport: Dokumentasjon av tilvekst og kvalitet hos oppfôret villtorsk. Høgskolen i Bodø.
- Björnsson B and Steinarsson A (2002) The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59(3):494-502.
- Björnsson, B., Steinarsson, A., & Oddgeirsson, M. 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES J. Mar. Sci.* 58, 29-38.
- Brown JA, Minkoff G & Puvanendran V (2003) Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems. *Aquaculture* 227(1-4):357-72.
- Bækken Ø. (2008). Utvikling av fôr til fangsbasert akvakultur. Rubin Rapport nr. 157
- Couturier CS, Andersen NG, Audet C & Chabot D (2013) Prey exoskeletons influence the course of gastric evacuation in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Journal of Fish Biology* 82: 789-805.
- Ellingsen OF & Døving KB (1986) Chemical fractionation of shrimp extracts inducing bottom food search behavior in cod (*Gadus morhua* L). *Journal of Chemical Ecology* 12(1):155-68.
- Ingebrigtsen IA, Berge GM, Ruyter B, Kjaer MA, Mørkøre T, Sørensen M & Gjølén T (2014) Growth and quality of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed with high and low fat diets supplemented with glutamate. *Aquaculture* 433:367-76.
- Godø OR (2005) Torskens generelle biologi. I boka: Oppdrett av torsk. Redaktører: H Otterå, GL Taranger & J Bothen. Norsk Fiskeoppdrett AS (Bergen): 33-38
- Grisdale-Helland B, Hatlen B, Mundheim H & Helland SJ (2011) Dietary lysine requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic cod. *Aquaculture* 315(3-4):260-68.
- Grisdale-Helland B, Shearer KD, Gatlin DM & Helland SJ (2008) Effects of dietary protein and lipid levels on growth, protein digestibility, feed utilization and body composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 283(1-4):156-62.
- Hansen AC, Rosenlund G, Karlsen Ø, Rimbach M, Hemre G-I (2007a). Dietary plant-protein utilization in Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture Nutrition* 13: 200-215
- Hansen AC, Rosenlund G, Karlsen Ø, Koppe W, Hemre G-I (2007b). Total replacement of fishmeal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I – Effects on growth and protein retention. *Aquaculture* 272: 599-611.
- Hansen AC & Hemre GI (2013) Effects of replacing fish meal and oil with plant resources in on-growing diets for Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Aquaculture Nutrition* 19(5):641-50.
- Hansen AC, Rosenlund G, Karlsen Ø, Olsen RE, Hemre G-I (2013). Marine ash-products influence growth and feed utilization when Atlantic cod *Gadus morhua* L. are fed plant-based diets. *Applied Ichthyology* 29: 532-540.
- Hatlen B, Helland S, Grisdale-Helland B. (2007). Energy and nitrogen partitioning in 250g Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) given graded levels of feed with different protein and lipid content. *Aquaculture* 270: 167-177.
- Hemre GI, Lie Ø, Lied E & Lambertsen G (1989) Starch as an energy-source in feed for cod (*Gadus morhua*) - digestibility and retention. *Aquaculture* 80(3-4):261-70.

- Hixson SM, Parrish CC & Anderson DM (2014) Use of camelina oil to replace fish oil in diets for farmed salmonids and Atlantic cod. *Aquaculture* 431:44-52.
- Jobling M (1988) A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus-morhua* L, with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquaculture* 70(1-2):1-19.
- Jobling M (1994) *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London ISBN 0 412 58080 X, pp 309
- Jobling M, Meløy OH, Dos Santos J, Christiansen B. (1994). The compensatory response growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture International* 2: 75-90.
- Johannesen E, Bogstad B, Gjørseter H. (2004). Hva spiser torsken til middag? *Havforskningsnytt* nr 1. 2004
- Johnstone ADF & Mackie AM (1990) Laboratory investigations of bait acceptance by the cod, *Gadus morhua* L - identification of feeding stimulants. *Fisheries Research* 9(3):219-30.
- Karalazos V, Treasurer J, Cutts CJ, Alderson R, Galloway TF, Albrektsen S, Arnason J, MacDonald N, Pike I & Bell JG (2007). Effects of fishmeal replacement with full-fat soy meal on growth and tissue fatty acid composition in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55: 5788-2795.
- Karlsen Ø, Hemre GI, Tveit K & Rosenlund G (2006) Effect of varying levels of macro-nutrients and continuous light on growth, energy deposits and maturation in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 255(1-4):242-54.
- Kousoulaki K, Østbye TKK, Krasnov A, Torgersen JS, Mørkøre T & Sweetman J (2015) Metabolism, health and fillet nutritional quality in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing n-3-rich microalgae. *Journal of Nutritional Science* 4: ENSP e24
- Kousoulaki K, Fjellidal PG, Aksnes A, Albrektsen S (2010). Growth and tissue mineralisation of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed soluble P and Ca salts in the diet. *Aquaculture* 309: 181-192
- Lekva, A, Hansen AC, Rosenlund G, Karlsen Ø, & Hemre GI (2010) Energy dilution with alpha-cellulose in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) juveniles - Effects on growth, feed intake, liver size and digestibility of nutrients. *Aquaculture* 300(1-4):169-75.
- Lie Ø, Lied E & Lambertsen G (1988) Feed optimization in atlantic cod (*Gadus-morhua*) - fat versus protein-content in the feed. *Aquaculture* 69(3-4):333-41.
- Morais S, Bell JG, Robertson DA, Roy WJ, Morris, PC. (2001). Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilization, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 203: 101-119.
- Mørkøre T (2005) Produktkvalitet. I boka: *Oppdrett av torsk*. Redaktører: H Otterå, GL Taranger & J Bothen. Norsk Fiskeoppdrett AS (Bergen): 153-61
- NRC (2011) *Nutrient requirements of fish and shrimp*. The National Academies Press, Washington, D.C. (360 pp.)
- Olsen RE, Hansen A-C, Rosenlund G, Hemre G-I, Mayhew TM, Knudsen DL, Eroldogan OT, Myklebust R & Karlsen Ø (2007) Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) II - Health aspects. *Aquaculture* 272(1-4):612-24.
- Refstie S, Forde-Skjaervik O, Rosenlund G & Rørvik K (2006) Feed intake, growth, and utilisation of macronutrients and amino acids by 1-and 2-year old Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed standard or bioprocessed soybean meal. *Aquaculture* 255(1-4):279-91.
- Ringdahl L, Richardsen R & Grimsmo L (2013) *Ensilering av restråstoff fra hvitfiskflåten*. Redskapsteknologi. Sintef. 20pp
- Rosenlund G, Hemre GI & Hamre K (2005) Fôr og ernæring. I boka: *Oppdrett av torsk*. Redaktører: H Otterå, GL Taranger & J Bothen. Norsk Fiskeoppdrett AS (Bergen): 163-76

- Rosenlund G, Karlsen Ø, Tveit K, Mangor-Jensen A & Hemre GI (2004) Effect of feed composition and feeding frequency on growth, feed utilization and nutrient retention in juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture Nutrition* 10(6):371-78.
- dos Santos J, Burkow IC, Jobling M. (1993). Patterns of growth and lipid deposition in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey and fish based feeds. *Aquaculture* 110; 173-189.
- dos Santos, J & Jobling M (1991) Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: emptying and retention of indigestible solids. *Journal of Fish Biology* 38(2):187-97.
- dos Santos J, Jobling M. (1988). Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: effects of food particle size and dietary energy content. *Journal of Fish Biology* 33: 511-516.
- Sæther B-S, Noble C, Humborstad O-B, Martinsen S, Veliyulin E, Misimi E, Midling KØ. (2012). Fangstbasert akvakultur. Mellomlagring, oppfØring og foredling av villfanget fisk. Nofima Rapport 14/2012. ISBN: 978-82-7251-977-2
- Sæther B-S, Bjørn PA, Midling K, Nilsen R, Jacobsen R & Siikavuopio S. (2009). Fangstbasert akvakultur Tilvenning (weaning) av villtorsk til tørrfØr. Nofima Rapport 4/2009. ISBN: 978-82-7251-666-5
- Siikavuopio SI & Knudsen R. (2001). OppfØring av villfanget rØye (*Salvelinus alpinus* L.) fra Altevatnet. Fiskeriforskningsrapport 2001 (Konfidensiell).
- Torstensen BE, Ruyter B, Sissener N, Østbye TKK, WaagbØ R, Jørgensen SM, Ytteborg E, Rud Ida, Liland NS, MørkØre T, Dessen JE (2013) Fett for fiskehelse. Utredning: Effekter av endret fettsyre-sammensetning i fØr til laks relatert til fiskens helse, velferd og robusthet. FHF-sluttrapport prosjekt 900889, 80pp.
- Tibbetts SM, Olsen RE & Lall SP (2011) Effects of partial or total replacement of fish meal with freeze-dried krill (*Euphausia superba*) on growth and nutrient utilization of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed the same practical diets. *Aquaculture Nutrition* 17(3):287-303.
- Tibbetts SM, Milley JE & Lall SP (2006) Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* 261(4):1314-27.
- Tibbetts SM, Lall SP and Milley JE (2005) Effects of dietary protein and lipid levels and DP DE-1 ratio on growth, feed utilization and hepatosomatic index of juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. *Aquaculture Nutrition* 11(1):67-75.
- Toppe J, Aksnes A, Hope B & Albrektsen S (2006). Inclusion of bone and crab by-products in diets for Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 253: 636-645.
- Yacoob SY, Browman HI & Jensen PA (2004) Electroencephalogram recordings from the olfactory bulb of juvenile (0 year) Atlantic cod in response to amino acids. *Journal of Fish Biology* 65(6):1657-64.
- YtrestØyl T, Aas TS & Asgard T (2015) Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Aquaculture* 448:365-74.

