

2.5 Tidlig tilvenning av kveite og torsk til formulert fôr – forskningsmessig framgang og utfordringer

Ingegerd Opstad, Havforskningsinstituttet
Kristin Hamre, NIFES

En av nøkkelfaktorene for å lykkes i å oppnå en lønnsom yngelproduksjon av kveite og torsk, er å utvikle et formulert fôr av høy kvalitet som helt eller delvis kan erstatte det levende planktonet. Fôret må spises, fordøyes, imøtekomme larvenes næringsbehov og gi like god vekst og overlevelse som levende fôr. Marine fiskelarver er svært små og har et ufullstendig utviklet fordøyelsessystem, noe som stiller store krav til førsammensetning. Økt kunnskap om larvenes ernæringsbehov og fordøyelse har bidratt til bedre fôr, og til at overgangen fra levende fôr til tørrfôr kan skje på tidligere utviklingsstadier.

Til startfôring av kveite- og torskelarver er man i dag avhengig av å bruke dyrket levende fôr (*Artemia* (*Artemia salina*), hjuldyr/rotatorier (*Brachionus* sp.) og/eller innsamlet naturlig dyreplankton (hoppekreps og vannlopper) (Figur 1). Naturlig plankton er klart best ernæringsmessig, men kvantitet og kvalitet varierer mye med årstid og vær og vind og er derfor lite hensiktsmessig i industriell helårig produksjon. I tillegg kan naturlig plankton være en smittekilde for sykdom og parasitter. *Artemia* og hjuldyr er ernæringsmessig ikke tilfredsstillende som fôr, men ved å føre dyrene med ulike anrikingsmidler kan dette forbedres (se egen artikkel om levendefôr). Kveitelarver føret med *Artemia* gir for eksempel ofte et høyt innslag av feipigmentering og ufullstendig øyenvandring.

MANGE KRAV TIL LARVEFÔRET

For å kunne sette sammen et velegnet formulert fôr til fiskelarver trenger man kunnskap om larvenes fordøyelse, absorpsjon, omsetting av næringsstoffer og ernæringsmessige basis for normal utvikling. Videre kreves det at et formulert fôr må bevare sitt fysiske og ernæringsmessige innhold i vannet over tid, og fôret må ha utseende, lukt og smak slik at det blir spist av fiskelarvene. Munnfølelse eller partikkeltekstur har trolig også innflytelse på om larvene spiser fôret, da man ofte observerer at fôret blir spyttet ut. Marine fiskelarver er svært små (fra 3–4 mm) og krever tilsvarende små fôrpartikler (fra 0,1 mm). Små partikler er sterkt utsatt for lekkasje av næringsstoffer, noe som fører til redusert næringsverdi. Samtidig gir løste næringsstoffer opphav til mikrobiell vekst og dårlig hygiene i karene.

Når fôret er spist må larven kunne fordøye og absorbere det. Ved startfôring har marine fiskelarver en ufullstendig utviklet tarm, med begrenset evne til å produsere fordøyelsesenzymer og fordøye formulert fôr. Levende fôrorganismer blir autolyserert eller selvfordøyd i fisketarmen av sine egne enzymer når

de dør, og muligens trigger de også utskillelsen av fordøyelsesenzymer fra fiskelarven. Evnen til å fordøye et formulert fôr øker etter hvert som larven vokser og tarmen utvikles. Når en larve kan fordøye og absorbere formulert fôr, varierer fra art til art.

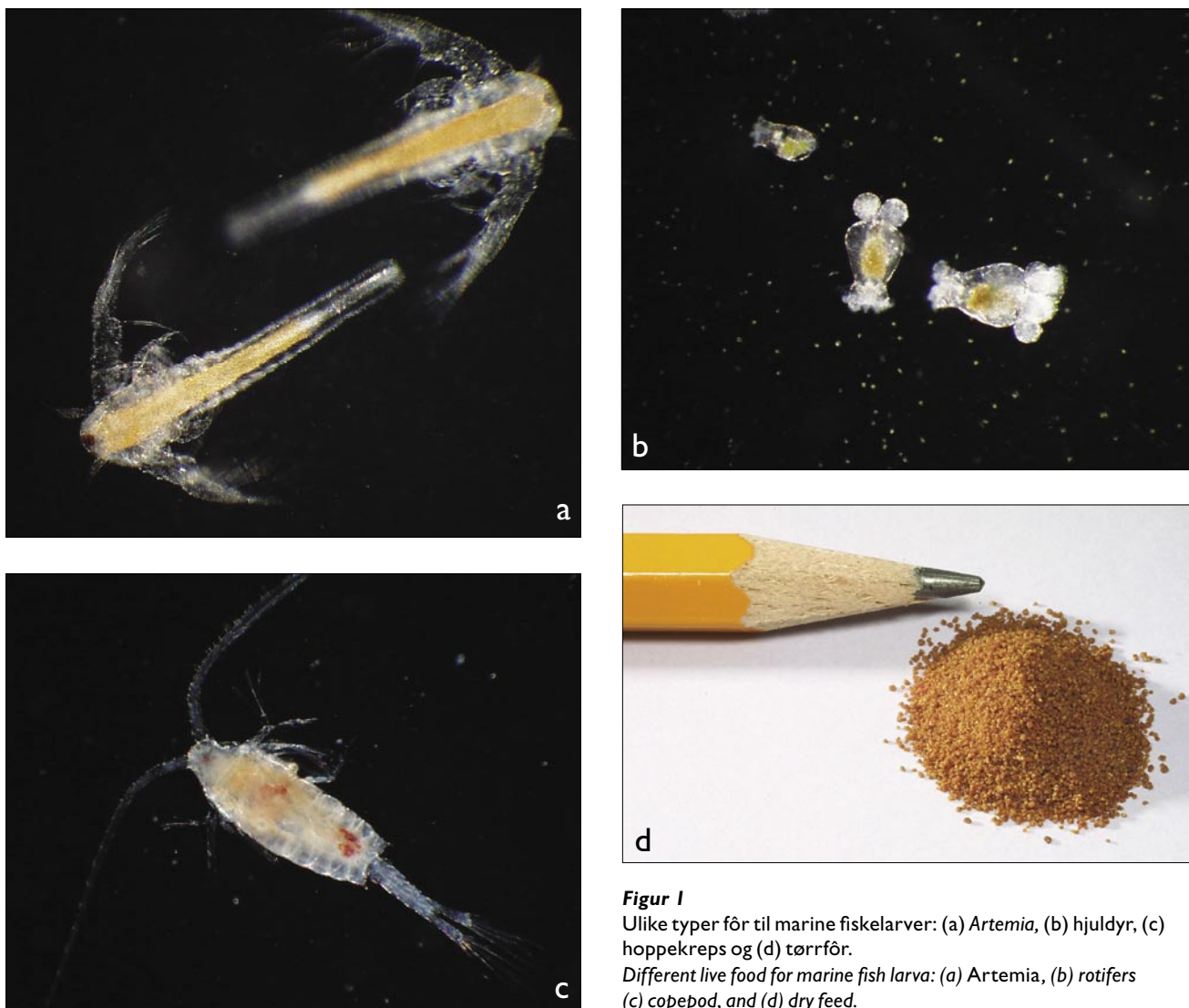
Levende fôr inneholder 80 % vann, mens tørrfôr har mindre enn 10 %. Dette kan gi larvene problemer med vannbalansen (osmotisk stress).

FÔRINGSSTRATEGIER

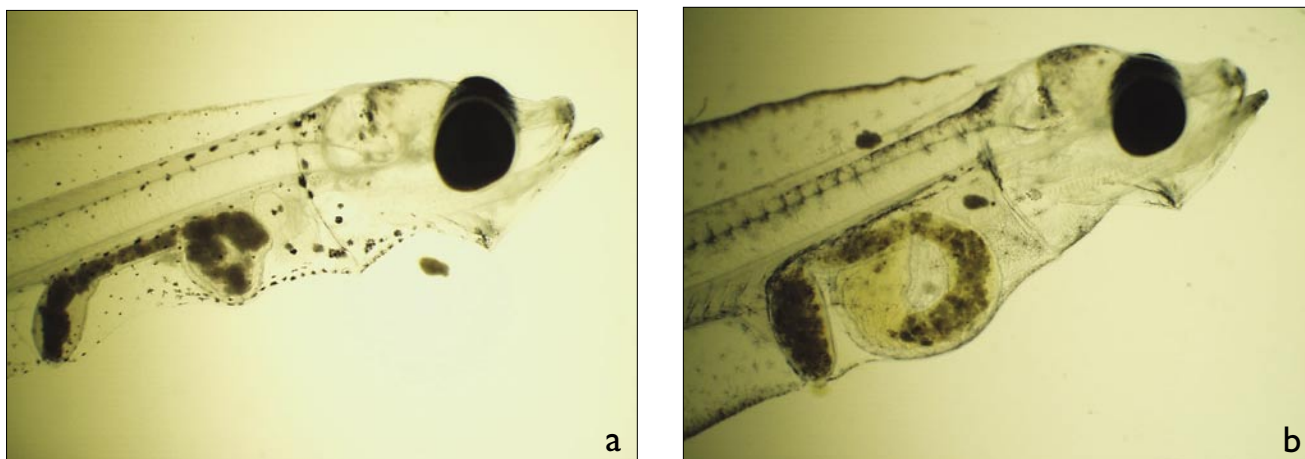
Fiskelarvene spiser formulert fôr helt fra startfôring, men til nå har det ikke vært mulig å fremstille et formulert fôr til torsk og kveite som gir akseptabel vekst og overlevelse fra starten. Etter hvert som larvene vokser, øker også behovet for levende byttedyr tilsvarende. En tidlig og problemfri overgang til formulert fôr er derfor viktig for å redusere kostnadene i yngelproduksjonen. Overgang til formulert fôr etter metamorfose, er den strategien som hyppigst blir brukt i dag.

I et startforingsforsøk utført ved Havforskningsinstituttet, ble én gruppe kveitelarver startfôret med formulert fôr og en annen fôret med rotatorier. Etter seks dagers fôring var den spesifikke veksthastigheten på rotatoriegruppen 9,6 %, mens gruppen som fikk formulert fôr hadde negativ vekst. Larvene føret med rotatorier hadde snodd tarm. Tarmen var helt full av byttedyr, og der var tydelig fordøyelsesaktivitet (Figur 2a). Hos larvene føret med formulert fôr hadde tarmen rettet seg ut, baktarmen var oppsvulmet og fordøyelsesaktiviteten var ikke så tydelig (Figur 2b). Kveite har lavere aktivitet av fordøyelses- og absorberende enzymer ved startfôring enn andre flatfisker som piggvar og japansk flyndre. Larvenes manglende evne til å fordøye fôr er en viktig begrensende faktor i tidlig tilvenning, og er vanskeligere å løse enn manglende fôrintak. Forsøk på å forbedre formulert fôr med tilsetninger av fordøyelsesenzymer har til nå vært lite vellykkede. Tilsetning av oppmalt pankreas til pelletert fôr er imidlertid vist å være vekstfremmende hos sea bass-larver.

Kveite er pelagisk i perioden fra klekking frem til en våtvekt på omtrent 0,14 g. Hos de fleste yngelprodusentene blir kveite tilvendt formulert fôr etter bunnslåing ved en våtvekt rundt 0,25 g. Noen oppdrettere venter til yngelen er blitt enda større. Tørrfôret må ha andre egenskaper i den pelagiske fasen enn etter bunnslåing, spesielt gjelder dette flyteeegenskapene. Det er viktig at karene fungerer selvrensende, slik at overskuddsfôr og avføring blir vasket ut. Best resultat oppnås med en ukes kombifôring i overgangen mellom levende fôr



Figur 1
 Ulike typer fôr til marine fiskelarver: (a) *Artemia*, (b) hjuldyr, (c) hoppekreps og (d) tørrfôr.
 Different live food for marine fish larva: (a) *Artemia*, (b) rotifers (c) copepod, and (d) dry feed.



Figur 2
 Kveitelarver som er blitt startfôret med rotatorier (a) og formulert fôr (b) i seks dager.
 Halibut larvae start fed on rotifers (a) and dry feed (b) for six days.



Figur 3
Lengdestrømsrenne med kveiteyngel som tilvennes tørrfôr. Raceways with halibut juveniles weaning on dry diets.

og formulert fôr. Dette er viktigere dess tidligere overgangen til det formulerte fôret skjer. Det er vesentlig å unngå stress, som f.eks. dunking i karene, for å oppnå god vekst og overlevelse. Optimal fôring for å unngå øyenapping, halenapping og tendenser til kannibalisme er avgjørende for et godt resultat. Sortering av yngelen er også viktig. Overlevelsen i perioden fra 0,2 g til 5 g er under optimale forhold over 90 %. Tidlig tilvenning i lengdestrømsrenner har gitt gode resultater. I et forsøk hadde for eksempel kveitelarver med en gjennomsnittlig våtvekt på 0,07 g (før metamorfose) som ble fôret med et varmekoagulert fôr en overlevelse på 81 %. Den daglige tilveksten var 3,2 %, mens den var 5,3 % i gruppen fôret med *Artemia*.

Torsk blir vanligvis startfôret med rotatorier, og deretter gitt *Artemia* fra rundt dag 40 og tørrfôr fra dag 60, men noen begynner også tidlig med kombifôring. Det er òg mulig å kutte ut bruken av *Artemia*. I et forsøk ble torskelarver fôret på rotatorier i 40 dager, for så å bli overført direkte til formulert fôr. De hadde da en våtvekt på 0,028 g. Etter 30 dagers fôring var overlevelsen 87 %, med en spesifikk veksthastighet på 9,5 %.

ERNÆRINGSBEHOV HOS MARINE FISKELARVER OG YNGEL

Marine fiskelarver skiller seg fra større fisk når det gjelder ernæringsbehov på flere områder. Når det gjelder protein-kvalitet, må man ta i betraktning at larvenes fordøyelseskana- l ikke er ferdig utviklet. Først og fremst mangler magen, og dermed surgjøringsprosessen som er nødvendig for at protein

skal bli lettere tilgjengelig for fordøyelsesenzymer. Levende fôr inneholder mye vannløselige og dermed lett fordøyelige proteiner. Når det gjelder formulert fôr er dette oftest basert på fiskemel med mye tungt løselig protein. Dette kan være en av årsakene til at larver nesten alltid vokser dårligere på formulert enn på levende fôr. En måte å gjøre proteinet mer tilgjengelig på er å hydrolysere det, dvs. bryte det opp til mindre peptider. Det er gjort en del forsøk med tilsetning av hydrolysert protein til formulert larvefôr med varierende resultater. Dette kan skyldes at slikt protein raskt lekker ut av fôrpartikkelen.

Når det gjelder behovet for fett og krav til fettkvalitet, har man studert både effekt av fettsyresammensetning og sammensetning av fettklasser. Marine larver trenger polart fett (phospholipider) for å kunne fordøye og transportere fett fra tarmen og videre inn i organismen. I levende fôr består en stor del av fett av phospholipider fra cellemembraner (andel av fett som kan være phospholipid: anriket *Artemia* 33 %, copepoder 66 %). Formulerte fôr må tilsettes phospholipid for å unngå opphopning av fettvakuoler i larvenes tarm. Det er ikke kjent hvilket nivå av phospholipid som er optimalt for larver.

Det er antatt at marine fiskelarver har behov for høye nivåer av n-3-fettsyrer, spesielt DHA. I copepoder er mellom 20 og 45 % av fettsyrene DHA, mens EPA ligger på et noe lavere nivå. ARA er målt til under 1 %. Det er helt klart at mangel på n-3-fettsyrer fører til feilutvikling, lav vekst og dødelighet hos marine larver, men når det gjelder pigmentering og

metamorfose hos flatfisk, er det ikke kjent hvilke nivåer av n-3-fettsyrer som skal til for å gi normal utvikling. Høye nivåer av ARA gir en dramatisk økning av feilpigmentering hos piggar, mens det i havkaruss (sea bream) er funnet en positiv effekt av ARA på stresstoleranse.

Optimal sammensetning av makronæringsstoffene har vært undersøkt hos torskeyngel som vokste fra 0,3 til gjennomsnittlig 6 g i løpet av forsøket. Proteinbehovet lå lavere enn det laveste fôret på 52 % protein. Det viste seg at økende karbohydrat opp til 15 % og økende fett opp til 25 % ga økende vekst. Kannibalsmen økte når fettinnhold i fôret kom under 15 %. Kveiteyngel utnytter ikke karbohydrat, og karbohydrattilsetning over 5 % i fôret ga dramatisk økende leverindeks, økende glykogeninnhold i leveren og ved de høyeste nivåene (10–15 %) også økt karbohydrat i andre vev. Proteinbehovet hos kveiteyngel ligger under 62, men over 52 %. Variasjon i lipidinnhold mellom 5 og 25 %, byttet mot protein, ser ikke ut til å gi forskjeller i vekst. Siden forsøkene,

både med torsk og kveite, er gjort med liten yngel, kan resultatene med visse forbehold være relevante for larvestadiet og danne grunnlag for anrikning av levende fôr og formulering av tørre larvefôr.

Behovet for mikronæringsstoffer hos marine fiskelarver er ikke undersøkt i detalj, men sammensetningen av copepoder og behov hos større fisk kan brukes som en indikasjon på behovet. Tabell 2 viser vitamin og jodinnhold i copepoder, rotatorier og *Artemia* samt anbefalt tilsetning for kaldtvannsfisk ifølge NRC (National Research Council, Canada).

Metodene brukt til å evaluere formulert fôr til larver må bli videreutviklet, slik at det blir lettere å skille ut de begrensende faktorene ved fôret og korrigere for disse. I dag er det flere forskningsinstitutter og mange kommersielle aktører (fôrfirmaer) som arbeider med å utvikle formulert fôr til marine larver. Forhåpentligvis vil denne innsatsen gi resultater i den nære fremtid.

Tabell 2

Vitamin- og jodbehov (mg kg⁻¹ tørrvekt) hos stor fisk ifølge NRC 1993, og innhold av vitaminer og jod (mg kg⁻¹ tørrvekt) i zooplankton, rotatorier (Lie et al., 1997, og upubliserte resultater) og *Artemia* (Hamre et al., 2002, Rønnestad et al., 1995). Anrikings- eller dyrkingsfôr for rotatorier er gitt i parentes.

Vitamin and iodide demand (mg kg⁻¹ dry weight) for large fish (NRC 1993), and vitamin and iodide contents (mg kg⁻¹ dry weight) in zooplankton 1995), rotifers fed enrichment diet (Rotimac) or yeast and fish oil (gjær/olje) (Lie et al., 1997, and unpublished results), and Artemia (Hamre et al., 2002, Rønnestad et al.).

	NRC-93	Copepoder	Rotatorier (Rotimac)	Rotatorier (gjær/olje)	Rotatorier (gjær/olje)	Artemia
Tiamin	1	13–20	11	30	4,5	6–12
Riboflavin	5	14–27	30	25		30–60
Pyridoksin	6	2–6	9,3	8,2		2–13
Folinsyre	2	3–5	3,7	5,0		6–10
Vitamin C	50	600–1000	230	704	372	400–500
Vitamin E	50	50–200	2080	1126	641	100–800
Vitamin A	0,75	Spor	0	4,9	3,9	Spor
Jod	1,1	350	2,9	3,7	0,8	0,51