

2.4

Levendefôr i marin yngelproduksjon

Torstein Harboe og Anders Mangor-Jensen, Havforskningsinstituttet

Levende organismer som startfôr er foreløpig en forutsetning for produksjon av marin fiskeyngel. I ekstensiv produksjon lever fiskelarvene av det naturlig forekommende planktonet i systemet. Ved overgang til intensive systemer har det vist seg at innsamling av naturlig plankton ikke er hensiktsmessig, både med hensyn til mengde og tilgjengelighet. Grunnlaget for den store og raskt voksende marine akvakulturindustrien er derfor basert på kulturarter som rotatorier (*Brachionus* sp.) og *Artemia* (*Artemia salina*). Dyrket levendefôr er uavhengig av sesong, og kan dessuten relativt enkelt anrikes med hensyn til næringsinnhold. Fortsatt mangler man kunnskap om hvordan fôrdyrene skal anrikes for å dekke ernæringsbehovene til de ulike fiskeartene, samt om metoder for masseproduksjon av levendefôr som ivaretar kvalitetskravene til fiskelarvene.

Når nye arter introduseres, er det en stor fordel å ha forholdsvis klare metoder for fôrproduksjon. Fiskelarver kan grovt deles inn i to hovedtyper med hensyn til fôrkrav. Den ene gruppen vil etter plommesekkfasen likne på små voksne individer, med utviklet tarm og mage. Denne gruppen, som blant annet omfatter laksefisk, kan med letthet startføres direkte på formulerte fôrtyper. Den andre gruppen, som innbefatter larver av marine fisk med pelagiske egg (for eksempel torsk

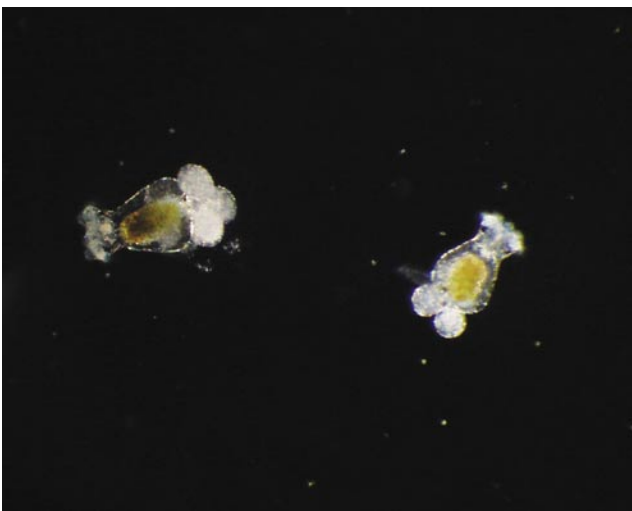
og kveite), vil ved startføring ha et lite utviklet fordøyelsessystem og magen vil ikke være funksjonell før lenge etter at larven har begynt å spise. Bare unntaksvis har man klart å startføre disse larvene på formulert fôr, og da med betydelig dårligere resultat sammenlignet med levendefôr. Sannsynligvis er det ikke bare på det biokjemiske planet disse forskjellene ligger. Et levendefôr vil ha en større tilgjengelighet for larvene enn et formulert fôr, som relativt raskt vil synke og i tillegg vil miste en stor del av næringsemnene gjennom lekkasje.

For fremtidens akvakultur er det svarene på noen sentrale spørsmål som i stor grad kommer til å styre utviklingen. Det mest fundamentale vil være om man klarer å erstatte levendefôr som startfôr til marine fiskelarver med et kostnadseffektivt formulert tørrfôr. For å oppnå dette har flere produsenter og vitenskapelige miljøer intensivt arbeidet med å utvikle mikroinkapsulerte fôrtyper, som i større grad enn tidligere inneholder lavmolekylære næringsemner bedre tilpasset en "levendefôr-tarm". Et like aktuelt spørsmål vil være om man kan finne nye metoder for effektivt å kunne produsere store mengder høykvalitets levendefôr (alger, rotatorier og hoppekreps), slik at yngelproduksjonen blir rimelig og kvalitetssikret. Spørsmålet omkring tilgjengelighet og pris på *Artemia* vil også i noen grad påvirke utviklingen innen yngelproduksjon. Denne saltkrepsen kommer i all hovedsak fra saltsjøene i Utah, og forekomstene viser store variasjoner fra år til annet på grunn av klimatiske forhold. Prisen på dette produktet er gjenstand for markedskrefter og vil følgelig variere i forhold til både etterspørsel og tilgjengelighet.

Biologisk sett er både rotatorier og *Artemia* fremmede arter for marine kaldtvannsarter. I forhold til hoppekreps (copepoder) som i vesentlig grad representerer fôret til pelagiske marine fiskelarver, er den biokjemiske sammensetningen hos både rotatorier og *Artemia* svært annerledes. Kvalitetsmessig er det fortsatt et stykke igjen før man har kunnskap og metoder for å forbedre levendefôret tilstrekkelig til å kunne unngå misdannelser og deformiteter hos fiskeyngelen. Sannsynligvis er dårlig rotatoriekvalitet en hovedårsak til at torskene sliter med store deformitetsproblemer på yngelen. Likeledes er det nå helt klare bevis for at utilstrekkelig anriking av *Artemia* er hovedårsaken til både feilpigmentering og ufullstendig øyevandring hos kveiteyngel.

ROTATORIER

Rotatorier (Figur 1) eller hjuldyr er sammen med *Artemia* de fôrdyrene som blir hyppigst benyttet i intensiv produksjon



Figur 1
Rotatorier eller hjuldyr (*Brachionus plicatilis*) med egg.
Rotifers (*Brachionus plicatilis*) with eggs.

av marine fiskelarver. Hjuldyrene tilhører klassen Rotifera. I marin akvakultur er det i hovedsak to arter som blir benyttet, *Brachionus plicatilis* og *Brachionus rotundiformis*. Disse artene blir ofte omtalt som henholdsvis L (large) og S (small) type rotatorier. Rotatoriene dekker et størrelsesspekter fra 90–350 µm, avhengig av art og utviklingsstadium. Kroppsformen deres er rund og flat uten pigger. De er planktoniske og svømmer relativt seint. Dette medfører at de enkelt kan fordeles i hele vannmassen ved forsiktig omrøring, og at de er et lett bytte sammenlignet med for eksempel copepoder. Rotatoriene kan forholdsvis greit manipuleres med hensyn til næringsinnhold gjennom føring, og de er lett fordøyelige for fiskelarvene.

I motsetning til *Artemia* dyrkes rotatorier i kulturer der dyrene reproducerer med en gjennomsnittlig generasjonstid på ca. 20 timer. De har gjennom en årrekke vært benyttet i Sør-Europa som startfôr til marine fiskelarver som piggvar, sea bass og lignende. Det finnes dermed godt beskrevne metoder for lavtetthetsdyrking i store systemer. I den senere tid har det vært gjort mye for å nå frem til nye og mer kostnadseffektive produksjonsmetoder. Dette arbeidet pågår fortsatt.

Det finnes tre ulike hovedmetoder for produksjon av rotatorier:

1. Porsjonskulturer
2. Kontinuerlige kulturer
3. Kontinuerlige høytetthetskulturer

1. Porsjonskulturer

Prinsippet bak porsjonskulturer er å dyrke frem en middels tett kultur (1 000–2 000 individer/ml) i løpet av en periode på to–fire dager. Når kulturen har nådd den tetthet man ønsker, siles hele batchen ned og fordeles til henholdsvis nettoproduksjon og nytt inokulat. Inokulatet benyttes til å sette i gang en ny porsjon i et nytt kar (ca. 80–150 individer/l). Porsjonskulturer dyrkes typisk i tanker på 500–3 000 liter med en temperatur på om lag 24 °C. Tankene bør ha en konisk bunn med mulighet for sedimentering og uttapping av bunnfall. Vanligvis benyttes tanker produsert i glassfiberarmert polyester med påstøpt stativ. Slike tanker finnes i sortimentet til utstyrsleverandører og kan bestilles i ulike størrelser.

Rotatorier dyrkes i noe fortynnet sjøvann (ca. 30 ppt) ved 24 °C. Sentral luftbobling (ca. 30 l/min.) gjennom en luftestein, samt omrøring i kulturen, sørger for tilførsel av oksygen. Det er viktig at kulturene får en god omrøring, men ikke helt ned til bunnen, da dette vil hindre sedimentering av dødt materiale. Når tankene er klargjorte, tilsettes inokulatet (rotatoriene) i en konsentrasjon på ca. 80 individer/ml. For å oppnå gode startkulturer kan man “algevaske” inokulatet før det tilsettes tankene. Dette gjøres ved å sile/skylle rotatoriene som skal danne startkultur, og overføre dem til en ren algekultur (*Tetraselmis*), ca. to–fem individer/ml. Etter fire–fem dager siles kulturen, og overføres til tanken i konsentrasjon på 80–120 dyr/ml. I denne prosessen er det viktig å benytte riktig algart. Prinsippet er å velge en algart som er for stor til at ciliatene i kulturen (ugresset) kan filtrere den. Disse vil dermed etter noen dager “sulte i hjel”, og man sitter igjen med en mye “renere” rotatoriekultur.

Det finnes en rekke kommersielle fôr som rotatoriene kan dyrkes på som gir et tilfredsstillende resultat med hensyn til kjemisk innhold og vekst. Rotatorier kan med fordel føres med kommersielle produkter for standardisering av kvalitet. Man skiller gjerne mellom et vekstfôr som inneholder mye proteiner, og et anrikingsfôr som er rikt på flerumettet fett. Tidligere ble bakegjær/mikroalger benyttet som vekstmedium, og emulgerte oljer (tran) i kombinasjon med mikroalger som anrikingsmedium. Hvordan de ulike produktene skal tilsettes rotatoriekulturene, fremgår av bruksanvisning. Generelt kan man si at rotatoriene bør føres gjennom døgnet for å holde en jevnt høy konsentrasjon av næringspartikler. Levende mikroalger kan også med fordel benyttes som fôr til rotatorier. Flere algearter har gunstige sammensetninger av næringsstoffer, og egner seg godt både til vekst og anrikning. Bruk av mikroalger krever imidlertid egne arbeidsintensive dyrkningssystemer med de ulemper dette medfører.

Utviklingen i kulturen beskrives ved økning i antall individer per ml. Til dette trenger man en god lupe med forstørrelse opp til 40 x samt et tellekammer. For å kunne telle tette kulturer med rotatorier er det nødvendig å tilsette gift (vanligst benyttet: lugol) for å drepe dyrene. En god kultur skal ha en eksponentiell vekst i hele forløpet (fra 100–2 000 individer på to døgn) fram til høsting. Det har vist seg at ulike stammer innenfor samme art viser svært forskjellige egenskaper med hensyn til biologi (vekst, robusthet, etc.) Man bør derfor prøve å finne fram til en stamme som har gode dyrkingsegenskaper.

Et annet kriterium som gir indikasjoner på kulturens velbefinnende, er antall egg per individ. Under vanlige omstendigheter vil rotatorier formere seg ukjønn, dvs. ved kloning. Eggene som produseres sitter festet til bakkroppen av dyret og er lett synlige, selv ved lav forstørrelse. I en “god” stamme er det ikke uvanlig å finne individer med opptil sju egg. Fordi det bare er en del av individene som til enhver tid er eggberende, vil et gjennomsnitt på 1 egg/individ være “bra”. For å oppnå optimal produksjon er det avgjørende å sørge for at bakterieveksten i kulturene holdes på et kontrollert nivå. I porsjonskulturer vil man ved hver “omstikking” sørge for at inokulatet blir forskriftsmessig skylt før reinkubering. Tankene må reingjøres med såpe og skrubb, for deretter å desinfiseres med for eksempel buffodine.

2. Kontinuerlige kulturer

brukes i svært liten grad i kommersiell sammenheng. Som verktøy for vitenskapelige undersøkelser omkring hjuldyrenes biologi benyttes de likevel hyppig. En porsjonskultur kan imidlertid ofte dyrkes semi-kontinuerlig, ved at man daglig høster ut 10–20 % av volumet og erstatter med rent, temperert vann. På denne måten kan man få en kultur til å “overleve” lenger, og det totale utbyttet blir større. En semi-kontinuerlig kultur vil likevel ha en begrenset levetid, hovedsakelig på grunn av opphoping av slam.

3. Kontinuerlige høytetthetskulturer

Disse systemene er basert på høyt teknologiske resirkulasjonsanlegg med kontinuerlige kulturer der det daglig blir høstet en gitt mengde. I slike systemer opererer man med



Figur 2
Produksjonstanker (600 liter) for høytetthetskulturer av rotatorier.
Production units (600 liters) for high density cultures of rotifers.

tettheter opp mot 5 000 individer per ml. Fra en dyrknings-tank med hjuldyr filtreres vann kontinuerlig fra og renses i et resirkuleringsanlegg bestående av fôrfilter, biofilter, skimmer og eventuelt utstyr for ozon/UV, før vannet ledes tilbake til kulturene. Fôret til rotatoriene tilsettes kontinuerlig i en mengde tilpasset biomassen i systemet. Dette systemet har i kontrollerte forsøk vist seg å kunne produsere store biomasser på et lite volum. Høytetthetskulturer er allerede på full fart inn i kommersiell produksjon.

Dyrking av rotatorier krever erfaring og omtanke. For å etablere rotatoriedyrking i en oppdrettsbedrift anbefales det å ta kontakt med bedrifter/institutter som arbeider med dette, for å lære praktisk metodikk. Det vil blant oppdrettere være store variasjoner i dyrkingsmetode, uten at noen metoder nødvendigvis kan sies å være "riktigere" enn andre.

ARTEMIA

Saltkrepsen *Artemia salina* (Figur 3) tilhører gruppen brachiopoda (gjelleföttinger) under klassen Crustacea (krepsdyr). Disse dyrene er halofile (av gr. *halos* = salt) og trives derfor i svært salte innsjøer hvor de så å si ikke har naturlige predatorer. *Artemia* produserer hvileegg, dvs. egg som drøyer med embryonalutviklingen i påvente av riktig miljøsignal. Når *Artemia* gyter hvileegg, flyter disse opp til overflaten hvor de kan "skimmes" av med riktig redskap. Eggene tørkes, sorteres og pakkes og kan oppbevares i årevis, for deretter å klekkes i riktige omgivelser.

Hovedmengden av all *Artemia* høstes i de store saltsjøene i Utah, USA, der dette har utviklet seg til å bli en storindustri. Faktisk har overfiske flere ganger truet bestandene, noe som



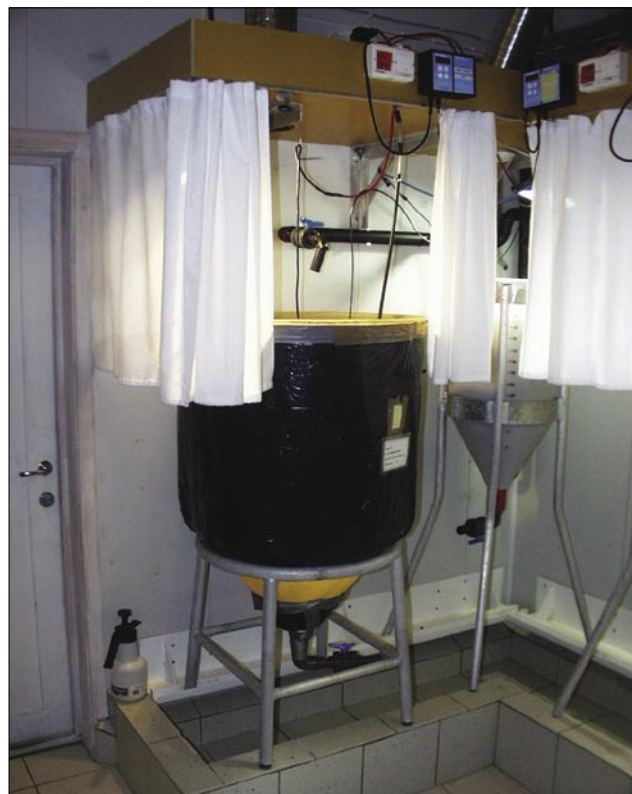
Figur 3
Korttidsanriket (24 t) *Artemia*.
Short time (24 h) enriched Artemia.

igjen reflekteres i ustabile priser på verdensmarkedet. Nesten all *Artemia* som frembys på markedet blir brukt i rekeoppdrett i Østen.

I marin yngelproduksjon av fisk har *Artemia* vært brukt i en årrekke. Men på samme vis som med rotatoriene er dette fremmed kost, spesielt for våre kaldtvannsarter. Næringsinnholdet i *Artemia* er langt fra godt nok til å gi en marin fiskelarve det den trenger for vekst og helse. Man har derfor i årevis arbeidet med måter å forbedre kvaliteten til *Artemia* med hensyn til egnethet som fôr. I første rekke gjelder dette innholdet av flerumettet fett, som i utgangspunktet er svært lavt i varmekjære arter. Sammenlignet med naturlig dyreplankton fra våre breddegrader, inneholder *Artemia* under 10 % av det umettede fett. Ved anrikning har man imidlertid kommet frem til en *Artemia* som til tider har gitt gode resultater i marin yngelproduksjon.

Et hvileegg av *Artemia* beskyttes av et ytre skall som er svært motstandsdyktig overfor ytre påkjenninger. Faktisk er dette skallet så kraftig at det til en viss grad reduserer klekkesprosenten av eggene. Det er derfor utviklet spesielle metoder for å “etse” bort eggeskallet uten å skade egget. Dette har både økt utbyttet og redusert mengden avfall i klekketankene (Figur 4). Prosessen kalles dekapulering og innebærer bruk av etsende kjemikalier som siden nøytraliseres av thiosulfat. Det kreves en svært nøyaktig timing for å kunne stoppe prosessen når eggeskallet er borte, men tidsnok til at eggcellen ikke skades.

Miljøsignalet som starter embryonalutviklingen i *Artemia*-cyster er temperatur og hydrering. Cystene tilsettes i store tanker med temperaturkontrollert vann, hvor de ved ca. 25 °C klekker etter ca. 24 timer. Nyklekkede *Artemia* går under navnet “*Artemia*-nauplier” og er i stadium “instar I”. Den har verken åpen munn eller tarm, og kan derfor ikke anrikes med næringsstoffer. Etter ca. ett døgn skifter den skall, og er nå i stand til å spise. *Artemia* er en filterspiser og filtrerer fødepartikler ut av vannet ved hjelp av spesielle munddeler. I naturen består kostholdet hovedsakelig av mikroalger. For å forbedre den næringsmessige kvaliteten tilsettes emulgert fett til dyrkningsvannet. Emulgatet består av ulike fett-typer, vitaminer og emulgeringsmiddel. Enkelte kommersielle produkter er også tilsatt protein.



Figur 4
Klekketank for *Artemia*cyster.
Incubator for hatching of *Artemia* cysts.

Etter et døgn siles *Artemia* fra vannet i produksjonstanken, skylles i temperert ferskvann og føres direkte ut til fiskelarvene i tilpassede doser. Dette kalles korttidsanriket *Artemia*, og er det vanligste føret benyttet til produksjon av kveiteyngel, men også til videreføring av torskelarver etter at rotatoriene er blitt for små til å fylle ernæringskravene. For å øke størrelsen og biomassen kan man produsere det som kalles en “påvekst-*Artemia*”. I stedet for å starte med fettanrikning på ett døgn gamle nauplier, føres de med en balansert diett som er rik på proteiner. I løpet av tre–fire dager vokser hvert individ til mange ganger sin opprinnelige masse, og utgjør nå etter en kort fettanrikning et meget egnet fôr for større larver (i tiden rundt metamorfose).