

KAN EN LILLE ORM HJÆLPE MED PRODUKTIONEN AF FISK?

Om forfatterne



Dennis Grantland er biolog, akademisk medarbejder på Ecoscience ved Aarhus Universitet. Forsker i økofysiologi hos dværgregnørme og laksefisk. grantland@ecos.au.dk



Martin Holmstrup er professor på Ecoscience ved Aarhus Universitet. Han forsker i jordlevende organismers økofysiologi. martin.holmstrup@ecos.au.dk



Niels Lorenzen er professor ved DTU Aqua. Han forsker i vacciner til fisk og fiske-immunologi. nilo@aqu.dtu.dk



Stine Slotsbo er seniorforsker ved Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet. Hun forsker i økofysiologi og økotoxikologi hos jordlevende organismer. stsl@ecos.au.dk

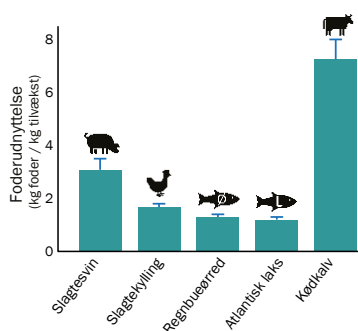


Foto: Fishlab.

En art af såkaldte dværgregnørme (enkytræer) kan blive fremtidens fiskefoder. Fiskeyngel viser nemlig bedre vækst og overlevelse på en kost af disse orme. Derudover kan ormene muligvis også bruges til at give fiskene vaccine og dermed nedsætte forbruget af antibiotika i fiskeproduktionen.

I en verden med klima- og miljøudfordringer er det svært at regne ud, hvordan vi bedst brødføder den stigende verdensbefolkning. Vi skal spise flere planter, mindre kød, eller finde nye alternativer. De seneste ti år har medierne jævnligt bragt historier om, at nu skal vi spise insekter for at skåne klimaet. Det ser bare ikke ud til, at vi kommer til at opgive frikadeller og flæskesteg lige foreløbigt. Kun omkring 3% af Danmarks befolkningen lever udelukkende vegetarisk eller vegansk ifølge en analyse fra DVF og Coop Analyse i 2024. Hvilke muligheder har vi så tilbage?

Vi kan godt lide at spise fisk! Men mange af verdens vilde fiskebestande er i tilbagegang. Det er en væsentlig årsag til, at akvakultur, altså



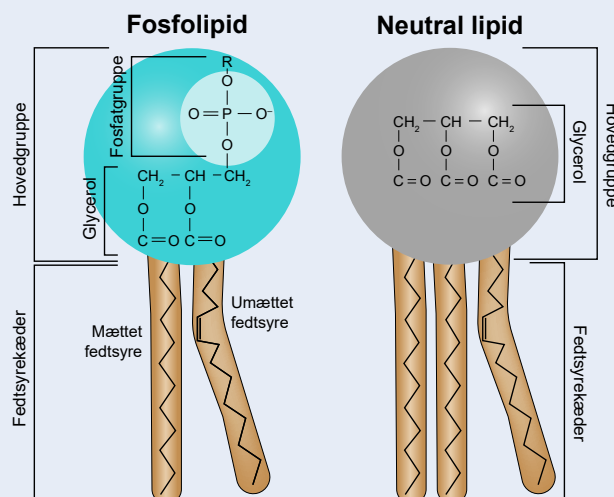
Figuren viser foderudnyttelsen for forskellige produktionsdyr. Figuren er baseret på tal fra Seges, FAO og USDA.

produktion af fisk i dambrug og havbrug, er den hurtigst voksende animalske fødevareresektor globalt. Fordelene ved akvakultur er blandt andet, at man kan producere fisk vertikalt og dermed udnytte arealet optimalt. Desuden er fisk generelt ektoterme (dvs. vekselvarme), hvilket betyder at de ikke bruger energi på at opretholde en konstant kropstemperatur. De bruger også relativt lidt energi på bevægelse, fordi vandet modvirker tyngdekraften. Faktisk kan en god produktion af regenbueørred og laks blive så effektiv, at 1,1 kilo tørfoder giver en øgning på 1 kilo fisk. Til sammenligning skal der omkring 3 kilo foder

Fedtsyrer og fiskeopdræt

Fedtsyrer, der indgår som byggesten i kroppen – blandt andet i cellemembraner, nervesystemet og som signalstoffer, er primært fosfolipider. De består af en hydrofil hovedgruppe, som er bundet gennem en fosfatgruppe til et simpelt glycerollipid med to hydrofobe fedtsyrer. Dog kender de fleste af os nok bedst fedtsyrer som den energireserve, der samler sig på mave og lår efter jul eller en god ferie, hvor vi har spist mere, end vi har forbrændt. Denne type fedtsyrer er neutrallipider, og de består primært af triglycerider. Fedtsyrer klassificeres på forskellige måder, men ofte taler vi om mættede, monumættede og polyumættede fedtsyrer, alt efter hvor mange dobbeltbindinger der er i carbonkæderne. Det er især de polyumættede fedtsyrer, som har stor betydning for sundhed og udvikling, og nogle af disse kaldes *essentielle fedtsyrer*. Disse kan kroppen ikke selv lave, og derfor skal vi have dem igennem kosten. Specielt omega-3 fedtsyrerne ALA (α -linolensyre), EPA (eicosapentaensyre) og DHA (docosahexaensyre) er vigtige at spise.

Når vi vil forstå fiskenes fedtsyrebehov, kan vi i grove træk opdele dem i ferskvandsfisk og marine fisk. Marine fiskearter som pighvar eller torsk kan ikke selv danne DHA og EPA, da de ikke evolutionært har haft et behov for at gøre dette. Det er naturligt kommet op igennem fødekæden fra marine alger, som producerer



store mængder af omega-3 fedtsyrerne. Ferskvandsalger producerer også essentielle fedtsyrer, men i langt mindre grad EPA og DHA. Derfor har ferskvandsfisk (og fisk som regnbueørreder, der både kan leve i fersk- og saltvand) evolutionært udviklet evnen til selv at danne en større andel af disse. Det sker primært ved, at nogle enzymer kan modificere andre fedtsyrer, som forekommer hyppigt i ferskvandsalgerne. Dog er omdannelsen til EPA og DHA ikke altid tilstrækkelig, og kan især være en udfordring i de helt tidlige livsstadier.

til et ekstra kilo gris og en del mere for kvæg.

Akvakultur har dog også sine udfordringer, og dem hører vi ofte om. Der bliver udledt plantenæringsstof som N-forbindelser, og der bliver, som i andre dyreproduktioner, brugt antibiotika til behandling af sygdomme. En vigtig ingrediens i fiskefoder er fisk. Ja, du læste rigtigt, for på trods af at fiskebestandene i verdenshavene er pressede, bruges fiskemel og fiskeolie fra vildt-fangede fisk fortsat i foderet. Det har nemlig den helt rigtige næringsstofsammensætning og er en kilde til omega-3 fedtsyrer, som er vigtige for vækst og sundhed, og er vanskelige helt at erstatte med vegetabiliske ingredienser.

Dværgregnorm med lovende egenskaber

I vores projekt kan vi ikke løse alle problemerne, men den lille dværgregnorm (*Enchytraeus albidus*) har

potentiale til at gøre en stor forskel som foder for fisk i de vigtige tidlige livsstadier. Ormen kan fremme dyresundheden i dansk akvakultur, nedsætte antibiotikaforbruget, og gøre det meget mindre besværligt at være økologisk fiskeopdrætter i Danmark.

Lige nu findes der ingen vaccine mod yngeldødelighedssyndrom (YDS), en bakterieinfektion, som mange fiskeproducenter oplever problemer med, og derfor må fiskene behandles med antibiotika. Det håber vi at kunne løse ved at bruge ormen til at give vaccinen til fisken. I denne artikel er vores fokus at belyse, om ormen er egnet som regnbueørredfoder, og hvordan det påvirker fiskens vækst og sundhed.

For at dværgregnormen kan bruges som foder og til at give vaccinen til regnbueørreder, er det først og fremmest nødvendigt, at ormen kan

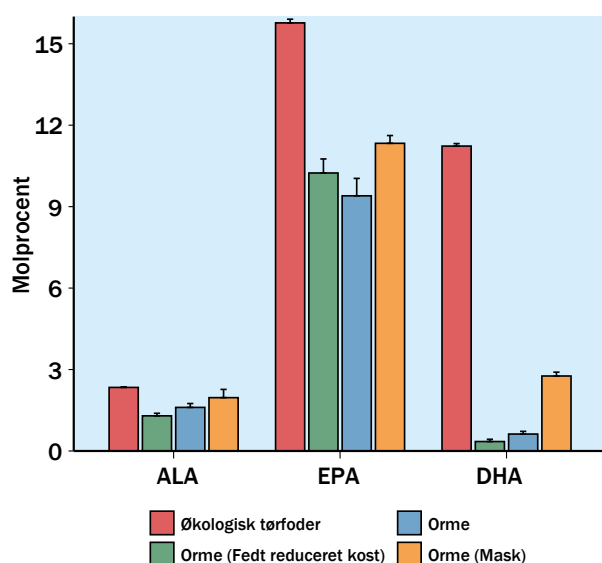
produceres i store mængder. Det har længe været kendt, at dværgregnormen forholdsvis nemt kan produceres i kulturer. I det tidligere Sovjetunionen blev der på nogle anlæg produceret op til flere tons orme om året. I nyere tid har virksomheden Fishlab også påvist, at større produktion kan lade sig gøre. Naturligvis handler det ikke kun om mængder, det er også vigtigt, at ormen dækker fiskens behov for at sikre god og sund vækst. Ligesom for alle andre organismer er der forskel fra fiskeart til fiskeart på deres specifikke næringsbehov, men overordnet passer ormens næringsprofil godt til regnbueørredernes behov. Det er kun ormens lave mængde af den essentielle omega-3 fedtsyre DHA, som kan bekymre.

På trods af, at man som biologistuderende lærer, at omega-3 fedtsyrer kommer fra mikroalger i havene, og at de derfra bevæger

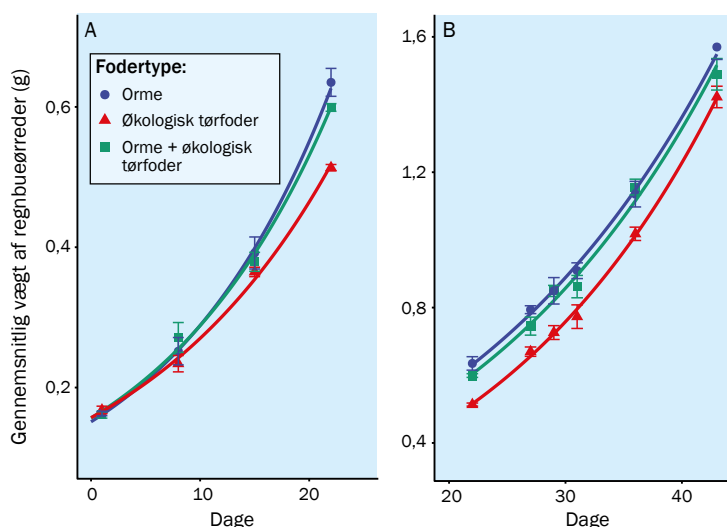
Forsøgsdesign

For at undersøge, om ormen er egnet som foder til regnbueørreder, er det vigtigt at have designet et robust fodringsforsøg.

Vi opsatte et system, som cirkulerede vand mellem 15 fisketanke for at skabe ens forhold for alle fisk. Vi startede med 50 fisk i hver tank og tildelte hver tank tilfældigt en af de tre behandlinger: økologisk tørfoder (fiskefoder til ørreder baseret på fiskemel), orme eller en kombination af økologisk tørfoder og orme. Vi havde fem tanke af hver type behandling (fem replikater), og de fik deres forskellige foderbehandlinger i 3 uger efterfulgt af 3 uger, hvor alle ørreder blev fodret med økologisk tørfoder. Under forsøget blev fiskene fodret *ad libitum* (efter appetit), og der blev løbende registreret dødelighed samt foretaget målinger af længde, vægt, levervægt, finneskader og fedtsyresammensætning af både hele fisk og øjne og hjerne.



Figuren viser indholdet af de essentielle omega-3 fedtsyrer (ALA, EPA og DHA) i molprocent i forskellige fodertyper: Økologisk tørfoder, orme som er fodret med havregryn, orme som er fodret med fedtreduceret havregryn, og orme som er fodret med restproduktet mask. Molprocent angiver, hvor stor en procentdel af det samlede antal fedtsyre-molekyler i tørfoder/orme, de tre essentielle fedtsyre typer udgør.



Graferne viser vækstkurver for regnbueørreder, som er fodret med enten orme, økologisk tørfoder eller en kombination af orme og økologisk tørfoder i 3 uger (A), hvorefter de samme tre grupper ørreder er fodret i 3 uger med økologisk tørfoder alene (B).

sig op igennem fødekæden, er det ikke nødvendigvis hele sandheden. Forskning viser, at flere invertebrater (dyr uden rygsøjle), som blæksprutter og børsteorme, har enzymerne til at danne omega-3 fedtsyrer, og meget tyder på, at dværgregnormen i nogen grad også har denne evne. Men den indeholder dog som nævnt kun meget lidt DHA. Derfor er det næsten lige så interessant, at man gennem ormens kost kan manipulere ormens fedtsyreprofil. For eksempel kan restproduktet mask fra ølproduktion anvendes som orme-foder og derved øge DHA-indholdet i ormen. Det giver muligheden for bæredygtigt at tilpasse ormens fedtsyreprofil, så den matcher fiskens behov.

Hvordan påvirker ormene regnbueørrederne?

I opdræt af marine fiskearter er det ofte udfordrende at finde en passende startføde, når fiskeynglen ikke har mere blommesæk og begynder at spise. Fiskenes fordøjelseskana er på dette tidspunkt ikke færdigudviklet, så de kan ikke fordøje tørfoder, og der er store udfordringer med dødelighed. Forsøg med fladfisk viser, at dværgregnormen har en positiv effekt på vækst og overlevelse i disse helt tidlige livsstadier.

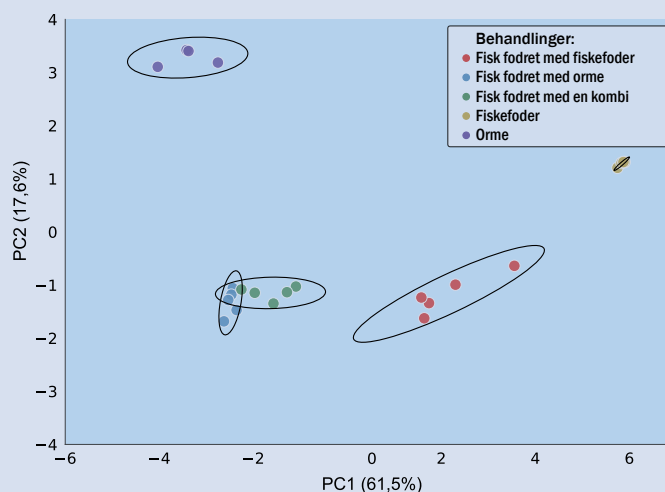
Takket være en større blommesæk er regnbueørreders fordøjelseskana mere færdigudviklet, når de begynder at få foder. De er i stand til at spise og vokse på tørfoder, og vi forventede derfor ikke nødvendigvis, at fiskene ville klare sig bedre, når de fik orme. I vores forsøg med regnbueørred viste det sig imidlertid, at regnbueørrederne voksede hurtigere, når de blev fodret med dværgregnormen, end når de fik økologisk tørfoder. Det er svært at sige, om ormen smagte bedre, om de levende orm fik fiskene til at spise mere, eller om det har noget at gøre med forskellen i fordøjeligheden af de to typer foder. I forhold til regnbueørredernes sundhed var der ikke nogen forskelle mellem behandlingerne.



Foto: Fishlab.

Analyse af lipider sladrer om fiskenes kost

For at undersøge, hvordan de forskellige fodertyper påvirker regnbueørredernes fedtsyresammensætning, har vi lavet en såkaldt Principal Component Analyses (PCA) af de neutrale lipider i fiskens muskeltvæv. En PCA er en metode til at forenkle komplekse data. Det vil sige, at i stedet for at vise alle de 18 forskellige fedtsyrer, vi har målt, samler PCA dem i to nye akser, PC1 og PC2, som opfanger den største del af den variation, der er i fedtsyresammensætningen mellem fiskene (og foderet). Denne analyse afslører, at fisk, som er blevet fodret med en kombination af orme og økologisk tørfoder (grøn), har spist begge dele, men at de minder mere om dem, der kun har spist orme (blå). Det kan du se i de to behandlings tætte placering, selvom fiskene som fik en kombination, også er spredt lidt i retning af dem, der kun har fået økologisk tørfoder (rød). Faktisk ligger fedtsyrerne fra de fisk, som har spist en kombination, så tæt på de fisk, som kun har spist orme, at der ikke er nogen statistisk signifikant forskel på de to grupper.



Ellipserne omkring punkterne illustrerer 95%-konfidensinterval. PC1 beskriver 61,5% af variationen, og PC2 17,6%. Det vil sige, at PC1 (x-aksen) forklarer størstedelen af forskellene i behandlingerne.

Når de sundhedsmæssige forhold ikke var forskellige, og fiskene klarede sig fint, indikerer det, at det lave indhold af DHA i ormen er tilstrækkeligt til at dække regnbueørredens behov. Som du kan læse i faktaboksen om fedtsyrer, deler

vi fedtstofferne op i to forskellige slags – fosfolipider og neutrallipider. Neutrallipider betegnes almindeligvis som oplagringsfedt, og de følger derfor groft sagt det gamle udtryk "Du er hvad du spiser". Så hvis fiskene er blevet fodret med en

kombination af orme og økologisk tørfoder, og de spiser lige meget af begge dele, burde fedtsyresammensætningen i fiskene ligne en blanding af de to typer foder. Da vi analyserede fiskenes fedtsyreprofiler, faldt vi over noget interessant.



Foto: Fishlab.

Yderligere læsning
Holmstrup, M. E., Gadeberg, S. F., Engell-Sørensen, K., Slotsbo, S., & Holmstrup, M. (2022). A new strategy in rearing of European flounder: using live *Enchytraeus albidus* to enhance juvenile growth. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(11), 1333-1341. doi:10.3920/jiff2021.0106

FAO. 2024. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action*. Rome. doi.org/10.4060/cd0683en

Grantland, D., Holmstrup, M., Overgaard, J., Holmstrup, M. E., Slotsbo, Stine. (2025). Tiny Worms, Big Potential: *Enchytraeus albidus* (Annelida: Clitellata) as Starter Feed for Rainbow Trout. *Aquaculture Research*. DOI:10.1155/are/7339644.

Tocher, D. R. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research*, 41, 717–732. doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x

Udover forfatterne er følgende samarbejdspartnere involveret i projektet: Fishlab.dk
Ådal Ørred
DTU Aqua
Projektet er støttet af ICROFS under Grøn Vækst og Udviklingsprogram (GUDP).

Her tegnede der sig et billede af, at ørrederne faktisk havde en klar præference for de levende orme. Fedtsyresammensætningen hos de fisk, der havde fået en blanding af orme og økologisk tørfoder de første tre uger, lignede nemlig meget mere den i fisk, som kun havde fået orme, end i fisk, som kun havde fået tørfoder. Det kan virke logisk, at en vrikkende orm er mere tiltalende for en fisk, men man kunne også have antaget, at det kalorietætte foder med en større andel af de lækre vigtige omega-3 fedtsyrer, designet til at vække fiskenes ap-

petit, ville være regnbueørredernes fortrukne føde.

Næste skridt: vaccination med orme

En vaccine består typisk af dræbte bakterier, og udfordringen med at vaccinere regnbueørreder mod YDS, er at det skal ske meget tidligt i deres liv. Det er blandt andet en udfordring at sikre, at fiskene modtager en tilstrækkelig mængde vaccine. Derfor arbejder vi i projektet på at bruge ormene som levende vektorer, der kan levere vaccinen ved at fiskene spiser dem. Forenklet fore-

går det således, at vi fodrer ormene med dræbte YDS-bakterier, så deres tarm er fyldt, og der er tilstrækkeligt med antigener til stede til effektivt at sætte gang i fiskens immunsystem. Det skal selvfølgelig testes ved først at undersøge, om ormene spiser og optager bakterierne, og herefter, om det igangsætter den ønskede immunrespons hos fiskene. Det lyder nemt og lavpraktisk, men i virkeligheden bliver det hurtigt komplekst. Det er nemlig ikke nok, at ormene bærer vaccinen. For at vaccinen kan virke effektivt, skal den rette dosis og evt. behov for hjælpestoffer kendes, så der aktiveres et beskyttende immunrespons.

At bruge små jordlevende orme som "vaccinebudbringere" til fisk lyder måske som science fiction, men vores forsøg tyder på, at idéen faktisk kan lade sig gøre. Det kræver naturligvis en del finjustering og forsøg, som vi er godt i gang med. Vi har allerede vist, at ormene kan optage indholdet og levere det videre til det rette sted i fiskens tarm. Til disse forsøg anvender vi dog ikke en vaccine, men i stedet gærceller med en lysende markør, så vi kan følge leveringen trin for trin. Næste skridt bliver nu at undersøge, om vaccinen kan beskytte fiskene mod sygdommen YDS i kontrollerede laboratorieforsøg. Hvis alt går som håbet, kan vi i løbet af 2026 give et klart svar på, om denne utraditionelle metode kan blive en ny vej til sunde fisk i akvakulturen. ■

Antibiotika og fiskevaccination i dansk akvakultur

Dansk akvakultur står for 2,1% af det samlede antibiotikaforbrug i dyreproduktion. Det svarer til 1800 kg/år. Sygdomme kan medføre store tab, og behandling er derfor nødvendig, men gentagne antibiotikabehandlinger er uensigtsmæssige for både dyrevelfærd og resistensudvikling. I økologisk akvakultur er reglerne særligt stramme, og der må kun behandles få gange med antibiotika. Overskrides dette, mister fiskeproducenten sin økologiske status. Der er altså et stort behov for en YDS-vaccine for at nedsætte brugen af antibiotika generelt, men også for at gøre det nemmere at være økologisk producent. Lige nu er der kun én økologisk producent i Danmark (Ådal Ørred).

Der anvendes i dag primært to metoder til vaccination af regnbueørreder. Den første er dypvaccination, hvor fiskene fra de er omkring 5 gram nedsænkes i en vandig opslemning af dræbte bakterier, og den anden er stikvaccination, hvor hver enkelt fisk bedøves og får et stik med vaccine. Dypvaccination fungerer kun for nogle få vacciner, og effekten er kortvarig. Stikvaccination giver ofte god og langvarig beskyttelse, men er hverken velegnet eller rentabel til små fisk. Derfor er der stadig behov for en mindre invasiv og effektiv metode til at vaccinere fiskene, når de er små.