

# 3.6

## Nye marine fôrressurser – utfordring i bruk av oljer rike på voksestere

Oljeeekstrakt fra raudåte kan vise seg å være en verdifull ingrediens i kommersielle fiskefôr, sammen med fett fra andre marine og vegetabiliske kilder. Innblandingen bør likevel justeres etter fettets innhold av voksestere. Studier til nå har vist at en innblanding av voksester på opptil 40% av fettene er gunstig for god vekst og fordøyelse av fôret hos laksefisker. Det gjenstår fortsatt mye arbeid, bl.a. studier av raudåtens økologi, fangstmetoder og konservering for å bevare næringsverdien og bedre kontrollen på nivået av voksester i *Calanus*-oljen. Dette er blant de aktuelle problemstillingene i Planktonprosjektet, som ledes av Havforskningsinstituttet.

André Bogevik  
andre.bogevik@imr.no

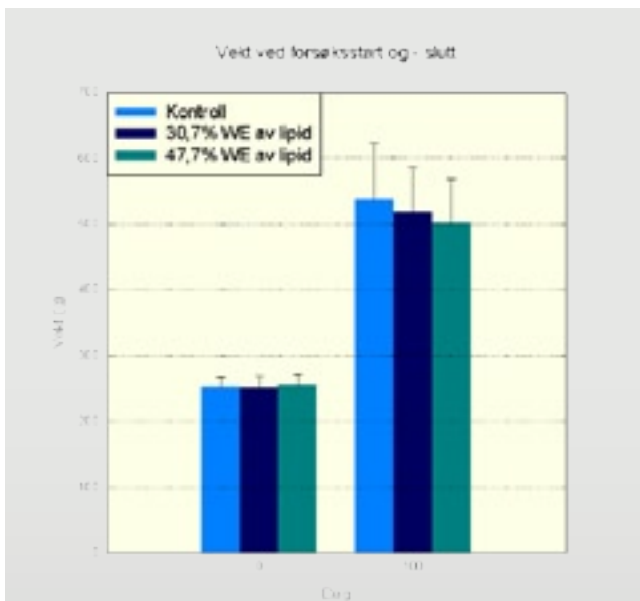
Produsentene av fiskefôr til oppdrettsanlegg rundt om i verden står overfor en stor utfordring med hensyn til å sikre tilgang på nok råstoffer av god kvalitet i fremtiden. Tradisjonelt utgjør marine ressurser som fiskemel og -olje den største delen av fiskefôret som blir produsert. Dette er kilder av god kvalitet som sikrer produksjonen av oppdrettsfisk med en helsebringende ernæringsverdi. En vesentlig del av disse ressursene kommer fra den store bestanden av sildefisker langs kysten av Peru og Chile, i tillegg til andre bestander, som benyttes til produksjon av fiskemel og -olje. Flere av disse bestandene er utsatt for et betydelig fiskepress, og trues tildels av overfiske.

### Behov for alternative fôrtilkilder

Den store veksten i akvakulturnæringen vil innen få år gi mangel på marine ressurser, særlig omega-3-kilder, og fiskefôrprodusentene og forskermiljøene har satt inn store ressurser i søken etter alternative marine fôrressurser. I tillegg til vegetabiliske kilder har en funnet marine ressurser fra lavere trofiske nivåer som kan dekke en stor del av behovet for protein og fett i fremtiden.

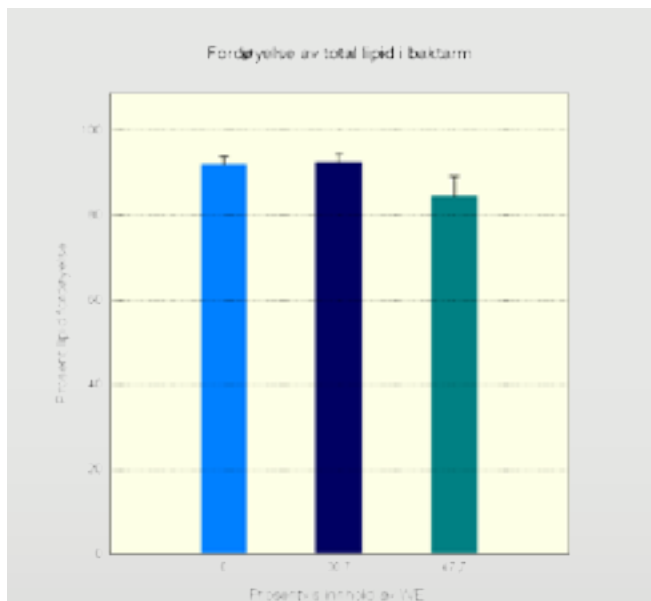
Hvis den store veksten som de siste tiårene har preget akvakulturnæringen skulle fortsette, vil det innen få år oppstå en mangel på fiskeoljer. Videre vekst i næringen vil være avhengig av at en kan utnytte alternative fôrressurser. Vegetabiliske oljer er tilgjengelige i store mengder, og til lave priser, og brukes i høy grad i fôrproduksjonen i dag. Studier har vist at fiskeoljeerstatning med soyaolje, olivenolje, rapsolje eller ren palmeolje i formulerte dietter er godt egnet for fisk i moderate mengder. Økt innhold av de vegetabiliske oljene i diettene reflekteres i kjøttet hos laksefiskene, og senker dermed nivået av "marine" n-3 flerumettede fettsyrer som er viktige for human helse.

Det er derfor viktig å finne alternative marine fôrressurser som kan opprettholde det høye nivået av disse fettsyrene. Ett alternativ er å høste fra lavere trofiske nivåer. Biomassen av krill, kopepoder og hoppekreps er stor, og den årlige produksjonen langs norskekysten er på flere hundre millioner tonn. Fangst på noen millioner tonn vil kunne dekke behovet for marine fôrressurser til oppdrettsnæringen i tiår, mest sannsynlig uten å påvirke det marine økosystemet.



Figur 3.6.1

Vekst hos atlantisk laks gitt formulerte dietter med 0, 30,7 eller 47,7% av fettene som voksester over 100 dager.  
Weight gain of Atlantic salmon fed formulated diets with 0, 30,7 or 47,7% of the lipid as wax esters over 100 days.



Figur 3.6.2

Fordøytelse av total lipid hos atlantisk laks gitt formulerte dietter med 0, 30,7 eller 47,7% av fettene som voksester over 100 dager.  
Digestibility of total lipid in Atlantic salmon fed on formulated diets with 0, 30,7 or 47,7% of the lipid as wax esters over 100 days.

### Ingen påvisning av negative effekter

En serie forsøk har vist at mel og olje fra krill ikke har gitt negative effekter på vekst- eller helseparametere hos laks, torsk og kveite. Mens noen arter av krill har et lavt lipidinnhold (f.eks. *Meganctiphanes norvegica* og *Euphausia superba*) og derfor hovedsakelig er en proteinkilde, ser det ut til at andre arter av krill (som *Thysanoessa inermis*) og calanoide kopepoder har et høyt lipidnivå i perioder av året. På den andre siden har disse dyrene, sammen med noen marine evertebrater og mesopelagiske fiskearter, voksestere (WE) som hovedlagringsform av lipider istedenfor triacylglyceroler (TAG), den dominante lipidklassen i fisk.

Acylgruppen til triacylglycerol består bare av fettsyrer, mens voksestere er sammensatt av en fettsyre esterifisert til en langkjedet fettalkohol. Denne forbindelsen er sett på som vanskeligere tilgjengelig og er lite fordøyelig i pattedyr. Mange fiskearter, inkludert atlantisk laks, *Salmo salar* L., spiser arter av kopepoder og krill som inneholder betydelige mengder voksestere. Det er derfor forventet at fisk fra det marine miljøet generelt vil ha en godt utviklet evne til å utnytte voksestere.

Raudåte, *Calanus finmarchicus*, er en art som i deler av året finnes i store mengder langs norskekysten. Bedre metoder for fangst og konservering er påkrevd for at denne arten kan bli fanget i stor skala, sammen med andre planktonarter. Fiskeriforskning og Havforskningsinstituttet har

gjennom flere år hatt god erfaring ved å lage formulerte dietter fra ekstrahert *Calanus*-olje. Utfordringen med denne arten er at den har et veldig variabelt innhold av fett (10–30%) og voksestere, 20–90% av fett (Kattner, Krause, 1987), avhengig av fangstlokalitet, livsstadium og kjønn. Bestemmelse av voksester-innhold i fett er dermed nødvendig for å få ønsket innhold av voksester i dietten.

### Forsøk med *Calanus*-ekstrahert olje i laksdietter

Vi har i en tidligere studie vist at når laks ble gitt en diett som inneholdt 37,5% voksestere av fettinnholdet gav dette bare liten, eller ingen, effekt på vekst og lipidfordøyelse. Nyere forsøk har vist at et høyere nivå av voksestere, opp imot 50% av fettinnholdet, har en negativ effekt på vekst og fordøyelse av lipider. Føring av denne dietten til 250 g smolt over 100 dager gav en dobling av vekten, men likevel en merkbart lavere spesifikk vekstrate (0,67) enn fisk føret med en diett inneholdt fiskeolje (0,74). Fordøyelsen av lipider var også signifikant forskjellig mellom behandlingene, med en 10% høyere fordøyelse i fiskeoljegruppen (93,2%) i forhold til voksestergruppen (83,1%). Det totale innholdet av fettsyrer viste en 20% høyere fordøyelse hos fisk gitt dietter med innhold av fiskeolje i forhold til fisk gitt dietter som inneholdt voksestere, med lavest fordøyelse av mettede fettsyrer (90 vs. 57%) og høyest fordøyelse av flerumettede fettsyrer (97 vs. 85%). Selv om laksen i vår tidligere studie var dobbelt så

stor ved forsøksstart, er det grunn til å tro at et innslag av voksestere på opptil 40% av fettinnholdet er gunstig for god vekst og fordøyelse hos laks.

Videre har nyere studier vist at fordøyelsessystemet til laks har en evne til å tilpasse seg det økte inntaket av voksestere ved å forsterke evnen til å fordøye lipider. Laksefisker har et stort antall blindsekker som er viktige i fordøyelsen av lipider. Disse øker oppholdstiden for næringsstoffene i tarmen, og gir galle og enzymer lengre tid til å hydrolysere (spalte) voksestere til fettsyrer og fettalkoholer, som videre blir tatt opp i tarmcellene. Føring med dietter som inneholdt voksestere, i forhold til fiskeolje, har nylig vist seg å øke gallemengden, og dermed øker totalmengden av gallesalter og fosfolipider som er viktige emulgatorer i hydrolysen av lipider. I tillegg ble det vist at føring med voksestere gav økt evne til å hydrolysere voksestere i tarmekstraktet *in vitro*, (laboratorieforsøk i reagensrør), mest sannsynlig grunnet økt enzymaktivitet. Dette er to viktige faktorer, sammen med økt oppholdstid i tarmen, som er med på å øke spaltingen av voksestere.

### Use of wax esters from *Calanus* in diets to farmed fish

If the carnivorous aquaculture industry continues to grow as it has during the past decade, within the next few years there will be a shortage of marine oils, and n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFA) (FAO, 2006). As n-3 HUFA are only found in large quantities in the marine environment, it is essential to find alternative unexploited marine oil resources. One alternative is sustainable harvesting from lower tropic levels. The biomass of krill and copepods is huge, and the annual production in the waters off Norway is in the magnitude of several hundred million tonnes (Dalpadado *et al.*, 1998; Madden *et al.*, 1999). A harvest of around a million tonnes could cover the requirements of fish farming for marine raw materials for the foreseeable future, arguably without influencing the marine ecology. While some species of krill have low lipid content (e.g. *Meganctiphanes norvegica*, *Euphausia superba*) and can mainly be viewed as protein sources, other species

like *Thysanoessa inermis* and calanoide copepods have high levels of depot lipid during part of the season (Kattner and Krause, 1987; Sætre and Mohr, 1987; Falk-Petersen *et al.*, 2000). However many of these animals, and a few other marine invertebrates and mesopelagic fish species, have wax esters (WE) as the main lipid storage component rather than triacylglycerol (TAG), which is the main storage lipid in most fish species (Sargent *et al.*, 1976; Falk-Petersen *et al.*, 1982).

The fatty chains of TAG consist only of fatty acids whereas WE are composed of a fatty acid esterified to a long-chain fatty alcohol. These esters are generally considered to be less accessible and poorly digested in mammals (Place, 1992). Many fish, including juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. are however known to feed on copepods and krill species containing substantial amounts of WE (Rikardsen *et al.*, 2004). It is therefore expected that the

capacity to utilize these lipids should be well developed in fish from the marine environment. Previously, Olsen *et al.*, (2004), showed that Atlantic salmon fed a diet containing 26% lipid of which 37.5% was WE had similar growth and feed efficiency (500g to 1500g, FCR~1.0) as fish maintained on a diet containing only fish oil suggesting a complete adjustment to the WE-rich diet. While a most recently study, Bøgevik *et al.* (2007), showed a lowering in growth and lipid digestion when feeding almost 50% of the lipid as wax esters compared to diets with fish oil or 30% of the lipid as wax esters to Atlantic salmon at 250 g. However, the fish also appeared to adjust to the increased intake of wax ester by enhancing factors affecting lipid digestibility. This indicates that Atlantic salmon shows physiological adaptations to dietary wax ester intake but that there may be an upper limit for optimal utilization of wax ester in practical diets.