

Sluttrapport for prosjektet

## Krill as feed for farmed fish

Norges forskningsråd prosjektnummer 146871/120

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond prosjektnummer 512012

Prosjektet har klart vist at mel fra krill og amfipoder kan erstatte fiskemel som proteinkilde til laks, torsk og kveite. Ved moderate tilsetninger (omkring 20-40%) får man i enkelte tilfeller økt tilvekst, mens høyere mengder ikke gir vekstgevinst på fisken. Kvalitetsundersøkelser viser også at laks og torsk fôret med krillmel kommer like godt ut i tester som fisk fôret på fiskemel. Det er også vist at voksestre fra raudåte kan erstatte fiskeoljer som fettkilde til laks.

Noen utfordringer ble også registrert. Det ble blant annet observert at de funksjonelle egenskapene til fôr endret seg når innholdet av krillmel var svært høyt. Årsaken til dette er ikke helt klarlagt, men kan kreve noen modifikasjoner under selve produksjonen. Videre ble det observert at laks fôret med opp til 100% av proteinet med krillmel hadde tendenser til diaré. Dette kan skyldes det høye innholdet av kitin i disse diettene. Det ble også funnet at torskøyngel fôret med mye amfipodemel utviklet ryggradsdeformasjoner. Noe av forklaringen til dette kan ligge i den høye mengden kadmium som forekommer naturlig i disse organsimene.

Generelt sett, er det imidlertid ikke noe i veien for å bruke disse råstoffene i produksjonen. I dag ligger begrensingene først og fremst på det å utvikle en lønnsom fangst, og å løse en del utfordringer knyttet til det høye innholdet av fluor og andre "problemstoffer" som kan forekomme. Prosjektet har også gjort en grunnforskningsrelatert tilnærming til fettomsetning i tarmen.

Bakgrunnen for disse undersøkelsene, er at vi nå, etter så mange år, ennå ikke har full oversikt over hva som skjer med fettene når det tas opp og omsettes i fiskens tarm. God kunnskap på dette området er nødvendig nå som nye fettkilder blir introdusert i fiskefôr. Dette gjelder spesielt planteoljer, men i fremtiden også uvanlige oljer som voks fra raudåte som det finnes svært store mengder av i våre farvann. Som et resultat av disse undersøkelser vet vi langt mer om hva som skjer med fettene i tarmen. Det er mange likheter med det vi kjenner til fra pattedyr. Men også enkelte forskjeller.

Totalt i prosjektet har en undersøkt fôr-egenskapene til Antarktisk krill (*Euphausia superba*), stor krill fra Norskehavet (*Meganyctiphanes norvegica*), småkrill fra Norskehavet (*Thysanoessa inermis*) og amfipoder fra Norskehavet (*Themisto libellula*). I tillegg har oljefraksjonen fra raudåte (*Calanus finmarchicus*) blitt benyttet i fôr til laks. Fôr-egenskapene har blitt undersøkt på stor fisk av torsk, laks og kveite, i tillegg til torskeyngel. Det er også utført et begrenset antall kvalitetsundersøkelser. I samarbeide med NIFES/Fiskeriforskning er det også utført en del analyser og arbeider med eventuelle problemstoffer som PCB, dioksiner, tungmetaller og fluor. Disse arbeidene er også deler av andre prosjekter innom disse instituttene som direkte eller indirekte har vært finansiert av NFR og vil bli rapportert i detalj i dertil egnede rapporter.

En mindre del av prosjektet har også tatt for seg lipidmetabolske enzymer i fisketarm. Dette ble gjort for å få bedret kunnskap om hvordan nye fettkilder kan påvirke opptak og metabolisme av fett i tarm.

#### 1. Råstoffbehandling.

Alle plankton-artene ble prosessert fra frosset ferskt materiale. Antarktisk krill ble kjøpt fra Ervik Invest AS, mens stor krill (*Meganyctiphanes norvegica*), småkrill (*Thysanoessa inermis*) og amfipoder (*Themisto libellula*) fra Norskehavet ble fisket med trål av G. O. Sars og holdt frosset inntil produksjon. Raudåte (*Calanus finmarchicus*) ble kjøpt fra Norsk Medisinaldepot.

Mel og olje ble produsert i samarbeide med Fiskeriforskning, Bergen etter de samme produksjonslinjer som man benytter ved produksjon av LT fiskemel og olje. For krill-artene ble det kun fokusert på mel som proteinkilde siden fettinnholdet ikke var høyt nok til at det kunne produseres store mengder olje. Fra raudåte ble det kun produsert olje som inneholdt store mengder voksestre.

Fra melet ble det så produsert dietter til fôringsforsøk med laks, torsk og kveite. Alle diettene inneholdt, så langt som mulig, sammen mengde fett og protein. Forskjeller i aske og kitin gjorde det imidlertid nødvendig å justere fôr-mengdene med mindre tilsetninger av karbohydrat. For voksesterdietter ble ferdig pellet coated med raudåteolje i stedet for fiskeolje. Alle diettene ble produsert ved Fiskeriforsknings pilotanlegg på Titlestad, Bergen med 0.01% yttrium oksid som fordøyelighets indikator. For laks og kveite inneholdt 30% fett, mens fôr til torsk inneholdt 18%.

Under produksjonsprosessen viste det seg at krillmel ikke hadde samme evne til å absorbere fett ved coating som fiskemel. Dette gjorde at coatingen ikke kunne utføres for å få dietter med 30% fett (laks

og kveite). For å få til dette, ble fett lagt inn i melblandingen før ekstrudering nå mengden krillmel var over 40% av proteinet. Dette gav noe svakere pellet som måtte tas hensyn til ved fôr-oppsamling

## 2. Fôring av laks med raudåteolje

I disse forsøkene ble individmerkede laks fôret i replikate kar med dietter tilsatt voksester fra raudåte i stedet for fiskeolje. I dette forsøket vokste laks fra 500g til 1500g, og det ble ikke observert signifikante forskjeller i daglig vekstrate mellom gruppene. Det var imidlertid antydninger til at fisk fôret på fiskeolje hadde noe bedre lengdevekst tendenser til det samme når det gjelder vekst enn raudåtefisker, mens det motsatte så ut til å være tilfelle for kondisjonsfaktoren. Dette kan bety at raudåte olje fører til mer deponering av fett, mens fiskeolje i større grad kan omsettes i vekst. Det ble heller ikke observert noen vesentlige forskjeller i fôr-utnyttelse mellom gruppene som lå på 0.9-1.0 og økte med fiskens vekt. Fordøyelsen av fett og tørrstoff var også lik mellom gruppene.

## 3. Fôring av laks med Antarktisk krill

Til dette forsøket ble det også benyttet individmerkede laks med startvekt 500g og sluttvekt rundt 1500g (140 dager). Det ble gitt i alt 6 dietter, hvor innholdet av protein fra krillmel økte fra 0% til 100% av proteinet. Dette gav en mengde av krill i diettene fra 0 til 68% på tørrstoffs basis. I dette tilfellet ble det funnet forskjeller i vekstutviklingen avhengig av hvilke dietter fisken hadde gått på. Størst var forskjellene mellom 0 og 71 dager hvor veksten var best i de gruppene som fikk 20, 40 og 60% krillprotein. Mellom 71 dager og 140 dagers fôring, vokste fisken fra omkring 1 kg til 1,5 kg, uten at det var forskjell mellom gruppene.

Fôromsetningen var generelt god ved moderate tilsetninger av krillmel, men ble dårligere med høyere tilsetninger. Dette kan ha sammenheng med at krillmel generelt inneholdt mer ufordøybar aske enn fiskemel slik at fisken måtte spise mer for å få samme energimengde. En annen mulighet er at kitin økte med mye krill, noe som kan redusere fordøyelsen av enkelte næringsstoffer. Spesielt så det ut til at fettfordøyelsen ble redusert. Fordøyelsen av kitin ble funnet til å være svært liten.

## 4. Fôring av torsk med Antarktisk krill.

Til dette forsøket ble det benyttet torsk i replikate kar med startvekt ca 120g, og sluttvekt 250g. Det ble laget i alt 6 dietter hvor 0 til 100% av fiskemelet ble byttet ut med mel fra Antarktisk krill. Dette utgjorde fra 0 til 84% av fôrets tørrvekt. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i sluttvekt mellom noen av fôrgruppene. Det samme gjelder for kondisjonsfaktoren som økte jevnt fra om lag 1.1 til mellom 1.2 og 1.25 ved forsøkets slutt. Totalt sett var vekstraten til torsk relativt god med en SGR på omkring 0.9 over hele perioden for de fleste gruppene

## 5. Sammenligning av vekst og fôromsetning i laks og kveite fôret med småkrill fra norskehavet (*Thysanoessa inermis*), Antarktisk krill, og amfipoder (*Themisto libellula*).

Til dette forsøket ble det benyttet triplikate kar med laks og kveite. Alle fisk var individuelt merket. I tillegg var det installert fôr-oppsamlere slik at en kunne følge det daglige inntaket i hvert kar. Det ble i alt laget 6 identiske dietter som både ble benyttet til laks og kveite. Diett 1 til 4 inneholdt 0-60% krillprotein fra *Thysanoessa inermis*, mens to øvrige dietter inneholdt 40% av proteinet med Antarktisk krill eller amfipode. Laks vokste fra omkring 400g til omkring 1000g etter 100 dager med en gjennomsnittlig daglig vekstrate på 0,85-0,95. Også her økte moderate mengder med krillmel veksten. I den siste del av perioden (totalt 160 dager), vokste fisken til om lag 1500g med en gjennomsnittlig vekstrate på noe over 0,6. Heller ikke her var det noen klare forskjeller mellom gruppene. Men det var helt klare tendenser til at moderate mengder med krill økte vekstraten, spesielt i første del av forsøket.

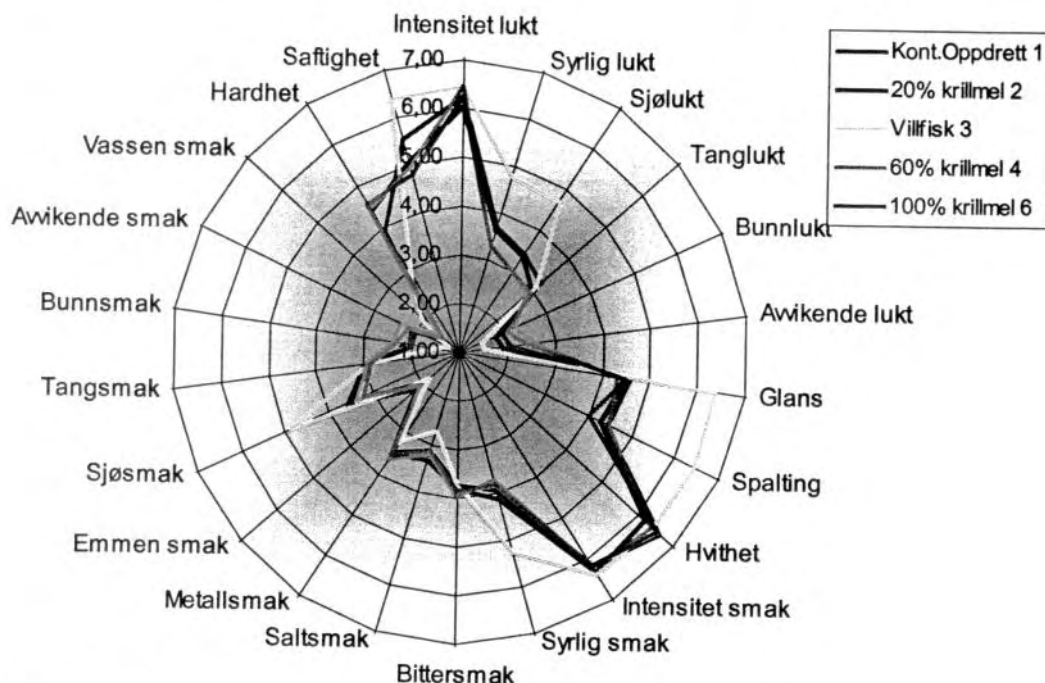
For kveite er resultatene ennå under bearbeiding. Men resultatene ser ut til å være spesielt interessante og positive med hensyn til vekst og fôromsetning.

## 6. Kvalitet av laks og torsk fôret på dietter basert på krillmel.

Torsk i merder ble fôret med dietter tilsatt 0, 20, 60 og 100% krillprotein over 10 uker. Deretter ble en del sendt til Matforsk for analyse av organoleptisk kvalitet, mens resterende ble undersøkt med hensyn på objektive kvalitetsanalyser som tekstur, rigor og pH. Det ble også hentet inn 11 villtorsk som skulle utgjøre en kontroll gruppe. Analysene viste at det var store forskjeller i smak mellom de gruppene som ble testet (Figur 6.1). Når dataene ble analysert ved hjelp av ANOVA (Tabell 6.1) viste det seg at den viktigste forskjellen var mellom oppdrettet torsk og villfisk. Av de 12 sensoriske parametrene hvor det ble funnet signifikante forskjeller, var det kun villfisken som avvek fra de øvrige i 8 av tilfellene. Også i

de øvrige tilfellene var det tydelig at villfisk avvek sterkest. Blant oppdrettsfisk, ble det ikke funnet forskjeller mellom gruppene. Men en viss gruppering kan likevel sees i prinsippkomponent plottet hvor kontroll- og 20% krill-gruppen hadde flere likheter enn gruppen med 80% og 100% krillprotein (Figur 6.2).

For de såkalte objektive kvalitetskriteriene var også forskjellene marginale innom oppdrettsgruppene, og stort sett lik det som ble funnet i smakspanelet.

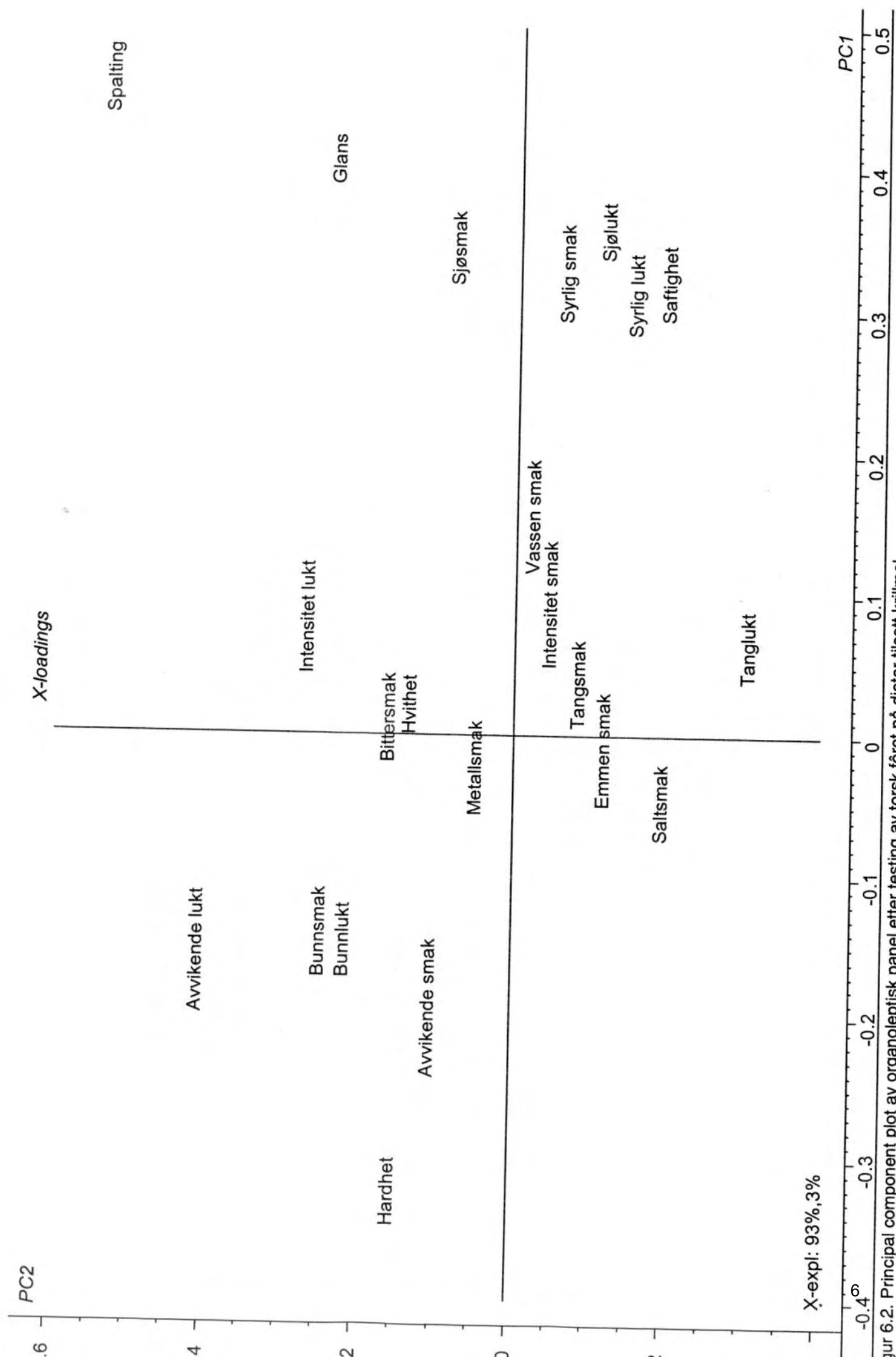


Figur 6.1. Organoleptisk evaluering av torsk fôret på dietter tilsatt krillmel.

Tabell 6.1. ANOVA tabell over avvikene i organoleptisk kvalitet i torsk fôret med ulike krilldietter De største variasjonene er gitt med **fet skrift**

Gruppe	Syrlig lukt	Sjølukt	Avvikende lukt	Glans	Spalting	Syrlig smak	Saltsmak	Sjøsmaak	Bunnsmak	Avvikende smak	Hardhet	Saftighet
0 % krill	3.63 <sup>ab</sup>	3.41 <sup>b</sup>	2.08 <sup>ab</sup>	4.49 <sup>b</sup>	4.21 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	3.27 <sup>a</sup>	3.54 <sup>b</sup>	2.03 <sup>ab</sup>	2.07 <sup>ab</sup>	3.90 <sup>a</sup>	5.46 <sup>b</sup>
20% An krill	3.62 <sup>b</sup>	3.36 <sup>b</sup>	1.90 <sup>ab</sup>	4.54 <sup>b</sup>	4.41 <sup>b</sup>	3.88 <sup>b</sup>	3.06 <sup>ab</sup>	3.43 <sup>b</sup>	1.99 <sup>ab</sup>	1.99 <sup>ab</sup>	4.39 <sup>a</sup>	5.01 <sup>b</sup>
<b>Villfisk</b>	<b>4.71<sup>a</sup></b>	<b>4.72<sup>a</sup></b>	1.50 <sup>b</sup>	<b>6.32<sup>a</sup></b>	<b>6.36<sup>a</sup></b>	<b>5.21<sup>a</sup></b>	2.70 <sup>b</sup>	<b>4.84<sup>a</sup></b>	1.49 <sup>b</sup>	1.29 <sup>b</sup>	<b>2.86<sup>b</sup></b>	<b>6.34<sup>a</sup></b>
60% An krill	3.22 <sup>b</sup>	2.97 <sup>b</sup>	2.59 <sup>a</sup>	4.31 <sup>b</sup>	4.43 <sup>b</sup>	3.67 <sup>b</sup>	3.14 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>b</sup>	2.37 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	4.46 <sup>a</sup>	4.93 <sup>b</sup>
100% An krill	3.29 <sup>b</sup>	2.99 <sup>b</sup>	2.39 <sup>ab</sup>	4.48 <sup>b</sup>	3.99 <sup>b</sup>	3.80 <sup>b</sup>	3.08 <sup>ab</sup>	3.15 <sup>b</sup>	2.34 <sup>a</sup>	2.15 <sup>a</sup>	4.57 <sup>a</sup>	4.76 <sup>b</sup>
<b>Kritisk verdi</b>	1.09	0.98	0.98	0.78	0.98	1.07	0.44	1.09	0.72	0.78	0.99	0.83

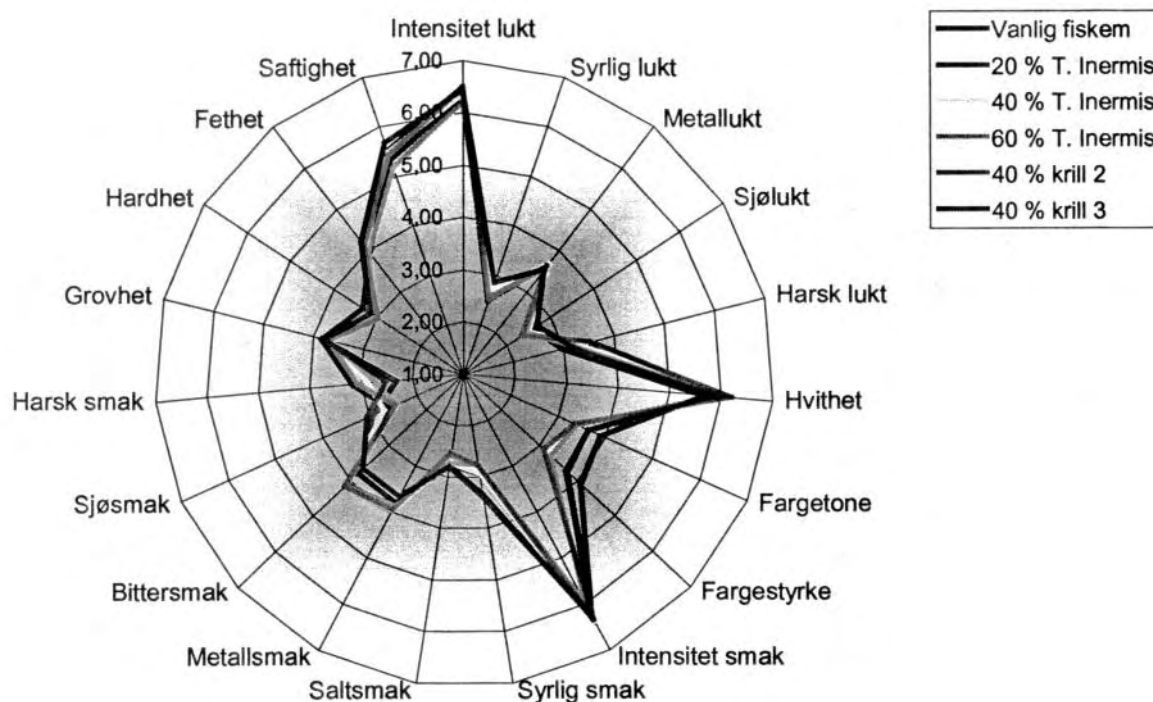
Data innom hver kolonne med ulike bokstaver er signifikant forskjellige.



Figur 6.2. Principal component plot av organoleptisk panel etter testing av torsk føret på dieter tilsatt krillmel.

Kvalitetsevalueringen av laks ble gjort ved avslutning av fôringsforsøket med laks på ulike krillarter ovenfor (del 5). Også her var forskjellene mellom de ulike diettypene relativt små. Signifikante forskjeller mellom fôrgruppene ble funnet i 18 tilfeller. I de fleste tilfellene, så det ut til de største avvikene ble funnet mellom kontrollgruppen og de fôret på Antarktisk krill (Figur 6.3, Tabell 6.2). Dette kan også sees i PCA plottet i Figur 6.4. På grunn av de små variasjonene ser vi også at forklaringen til variasjonen bare er på noe over 70% mot over 90% i tilfellet for laks. Det interessante med denne figuren, er at en får 4 blokker av smaksegenskaper. Kontrollgruppen ligger for seg selv. Det samme gjør 60% *T. inermis* og amfipoden *T. inermis*, mens de øvrige grupperer seg relativt nær hverandre.

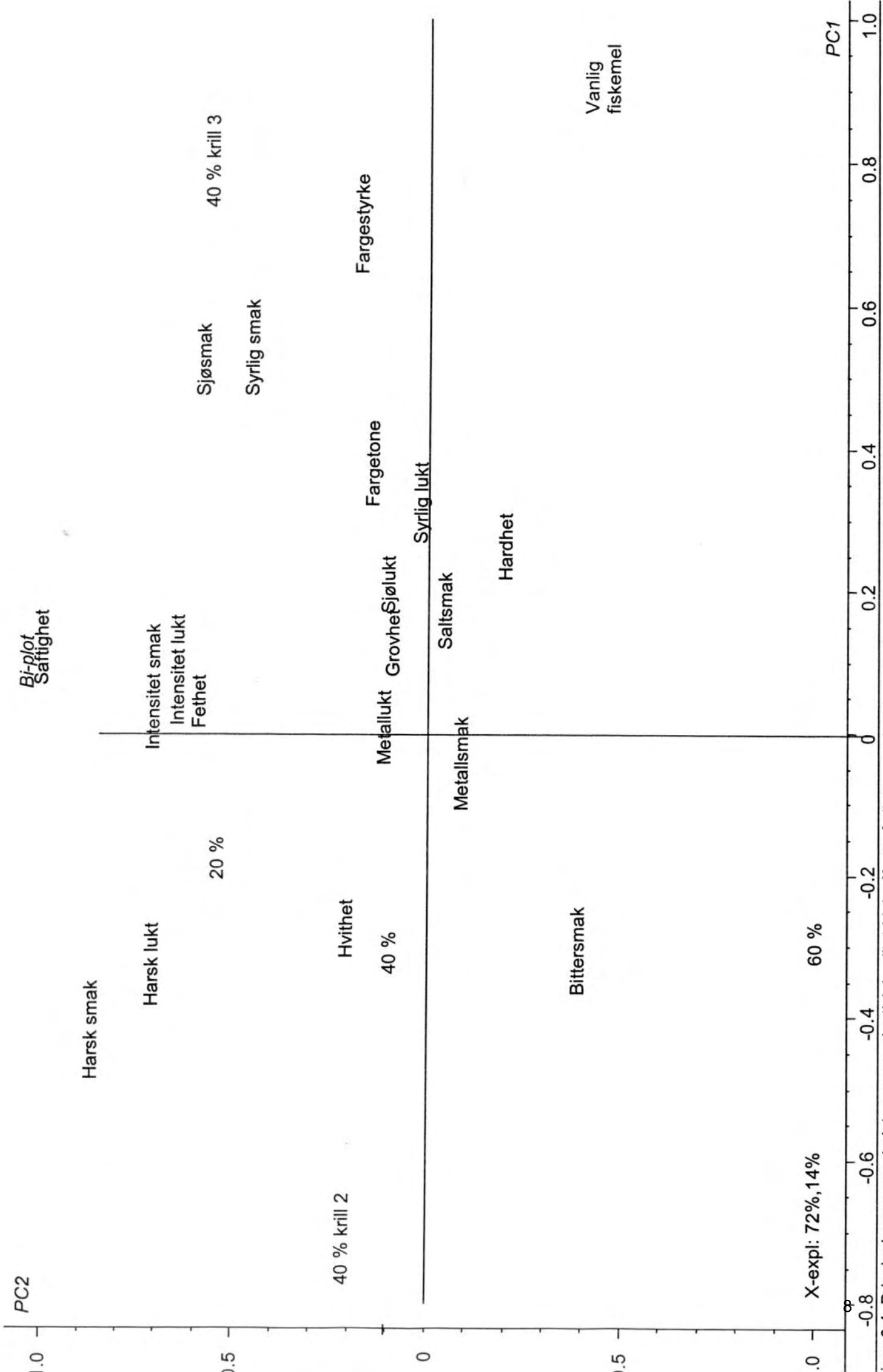
Også her var det stor grad av samsvar mellom de objektive smaksegenskapene og smakspanel.



Figur 6.3. Kvalitet i laks fôret på krilldietter

Tabell 6.2. ANOVA tabell over avvikene i organoleptisk kvalitet i laks foret med ulike krilldietter. De største variasjonene er gitt med **fet** skrift.

Gruppe	Hvithet	Farge- tone	Farge- styrke	Syrlig smak	Salt-smak	Bitter- smak	Hardhet
<b>0 % Kontroll</b>	<b>5.67<sup>b</sup></b>	<b>3.89<sup>a</sup></b>	<b>4.09<sup>a</sup></b>	<b>3.31<sup>a</sup></b>	<b>2.77<sup>a</sup></b>	<b>3.77<sup>ab</sup></b>	<b>3.32<sup>a</sup></b>
20 % <i>T. inermis</i>	5.86 <sup>ab</sup>	3.64 <sup>ab</sup>	3.70 <sup>ab</sup>	2.91 <sup>a</sup>	2.74 <sup>ab</sup>	4.08 <sup>ab</sup>	3.11 <sup>ab</sup>
40 % <i>T. inermis</i>	5.98 <sup>ab</sup>	<b>3.39<sup>b</sup></b>	<b>3.19<sup>b</sup></b>	2.92 <sup>a</sup>	2.70 <sup>ab</sup>	<b>4.11<sup>a</sup></b>	3.09 <sup>ab</sup>
60 % <i>T. inermis</i>	5.95 <sup>ab</sup>	<b>3.41<sup>b</sup></b>	<b>3.31<sup>b</sup></b>	2.77 <sup>a</sup>	2.73 <sup>ab</sup>	4.10 <sup>ab</sup>	3.08 <sup>ab</sup>
40 % Ant krill	<b>6.20<sup>a</sup></b>	<b>3.35<sup>b</sup></b>	<b>3.12<sup>b</sup></b>	2.78 <sup>a</sup>	<b>2.53<sup>b</sup></b>	<b>4.14<sup>a</sup></b>	<b>2.96<sup>b</sup></b>
40 % Amfipode	5.85 <sup>ab</sup>	3.65 <sup>ab</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	3.38 <sup>a</sup>	<b>2.79<sup>a</sup></b>	<b>3.64<sup>b</sup></b>	3.13 <sup>ab</sup>
Kritisk verdi	0.455	0.386	0.735	0.704	0.237	0.461	0.301



Figur 6.4. Principal component plot av organoleptisk kvalitet i laks føret på dietter med varierende innhold av ulike typer krill og amfipoder.



## 7. Weaningforsøk på torsk med alternative marine proteinkilder

Føringsforsøket ble gjennomført med fôr der fiskemelet helt eller delvis var erstattet med alternative marine proteinkilder (amfipode- eller krillmel). Den generelle fôrblendingen er vist i Tabell 12. Av dette var 64,7% fiskemel som ble byttet ut i til sammen 6 forskjellige blandinger og konsentrasjoner med amfipode- og Antarktisk-krillmel (Tabell 7.1).

Tabell 7.1. Sammensetning av melblanding i forsøksfôr til torskeyngel.

Benevnelse	Krill/Amfipodemel	Fiskemel
100 % A	100 % Amfipodemel	0 %
50 % A	50 % Amfipodemel	50 %
25 % A	25 % Amfipodemel	75 %
0 % A	0 %	100 %
100 % K	100 % Antarktisk krill	0 %
50 % K	50 % Antarktisk krill	50 %

Torskelarvene ble startfôret med rotatorier og tilvent direkte til formulert fôr ved en gjennomsnittsvekt på 28 mg. Temperaturen i forsøket var 12 °C og forsøket varte i 50 dager. De seks fôrtypene ble gitt med 3 replikater i hver gruppe og med 100 fisk i 50 l kar. Gjennomsnittvekten ved slutten av forsøket varierte fra 2,52 g til 0,92 g (Tabell 14). Best vekst i gruppen med 100 % fiskemel og 50 % krillmel+ 50% Antarktisk krillmel. Der var en trend at veksten minket med økende innhold av amfipodemel i dietten. Overlevelsen var høy i alle gruppene og varierte mellom 87 og 79 %. Leverindeksen varierte mellom 11,7 og 9,9 % og var signifikant lavere i 100 % krill gruppen enn i 100 og 50 % amfipodegruppen (Tabell 7.2).

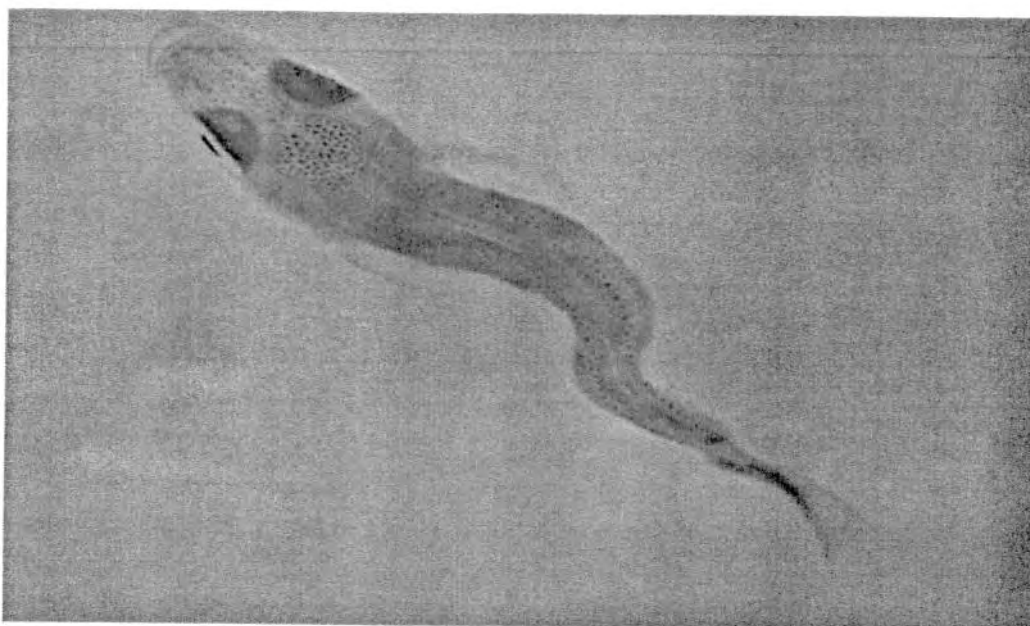
En interessant og uventet observasjon, var at dietten også hadde en signifikant påvirkning på skjellettdeformiteter (Figur 7.1). Høyeste antall deformiteter (16 %) ble funnet i gruppen fôret med 100 % amfipodemel og var minkende med minkende innhold av amfipodemel i dietten. En lignende effekt ble ikke funnet når Antarktisk krillmel ble benyttet. Laveste antall med deformiteter ble funnet med 100 % krillmel og 100 % fiskemel, mindre enn 1 % i hver av diettgruppene. En analyse av diettene viste at amfipode diettene svært høye mengder kadmium og kvikksølv sammenlignet med fiskemel og Antarktisk krillmel diettene (Tabell 7.3). Tatt i betraktning at kadmium er kjent for å gi deformiteter i både pattedyr og fisk, skiller denne seg ut som en god kandidat for de observasjonene som ble gjort på deformiteter.

Tabell 7.2. Overlevelse(gjennomsnitt av 3 tanker), gjennomsnitt våt vekt, SGR og lever indeks

	0 % A	25 % A	50 % A	100 % A	50 % K	100 % K
Overlevelse (%)	87 ± 3	79 ± 2	73 ± 5	70 ± 8	81 ± 3	80 ± 3
Gj. vekt (g)	2.5 ± 0.9	2.3 ± 0.9	1.6 ± 0.8	0.8 ± 0.6	2.5 ± 0.8	2.1 ± 0.8
SGR (%)	9.4	9.2	8.5	6.8	9.4	9.0
Lever indeks (%)	10.4 ± 1.2	10.4 ± 1.3	11.7 ± 1.2	11.6 ± 2,3	10.4 ± 1.2	9.6 ± 1.2

Tabell 7.3. Innhold av kvikksølv, kadmium og fluor innhold i de 6 weaning diettene til torsk.

	0 % A	25 % A	50 % A	100 % A	50 % K	100 % K
Kvikksølv (mg/kg)	< 0.001	0.006	0.012	0.025	0.003	0.005
Kadmium (mg/kg)	<0.01	1.62	3.24	6.48	0.19	0.38
Fluor (g/kg)	<0.01	0.65	1.3	2.6	0.42	0.84



Figur 7.1. Bilde av en deformert torsk foret på 100% amfipodemel.

### 8. Biokjemiske studier av fettmetabolismen i tarm

Nye førkilder er nå på full vei inn i oppdrettsnæringen. Det er imidlertid gjort flere observasjoner som tyder på at fiskens fordøyelse og opptakssystem ikke alltid er like godt egnet til å tolerere disse innblandingene. Spesielt er kunnskapen liten på området fettmetabolisme og transport av fett i tarm. For at vi skal være best mulig rustet til å forstå disse begrensinger, ble det som et ledd av dette prosjektet satt i gang undersøkelser omkring fettmetabolisme i tarmcellene etter at fett er tatt opp. Til dette ble det opprettet en Dr. Scient stilling som hadde dette som sin oppgave. Dette arbeidet har foregått i nært samarbeide med NIFES.

I utgangspunktet ble det bestemt at tre enzymer skulle karakteriseres i tarmen. Disse er sentrale for resyntesen av fordøyd fett og kan gi gode indikasjoner på hvor mye eller om disse prosessene avviker fra det vi kjenner i humane systemer. Etter en forholdsvis lang periode med utvikling av gode protokoller for studier av enzymene startet selve karakteriseringen.

Resultatene viste at enzymene hadde svært mange likhetspunkter med de en finner i pattedyr. De ble stimulert og hemmet av stort sett de samme komponenter som er tidligere kjent. Det ble imidlertid funnet en del interessante forskjeller som bør undersøkes på et senere tidspunkt. Når en sammenlignet enzymaktiviteten hos fisk som ble føret på planteoljer eller fiskeolje, viste resultatene at aktiviteten ikke forandret seg nevneverdig (Tabell 8.1).

Tabell 8.1. Effekt av planteoljer (VO) og fiskeoljer (FO) til laks på aktiviteten av monoacylglycerol acyltransferase (MGAT), diacylglycerol acyltransferase (DGAT) og diacylglycerol cholinephosphotransferase (CPT) i tarm mikrosomer.

	MGAT	DGAT	CPT
FO (n = 3)	6.23 ± 1.06	1.12 ± 0.37	0.10 ± 0.03
VO (n = 3)	6.89 ± 1.65	1.53 ± 1.15	0.18 ± 0.06

Verdiene representerer nmol av [<sup>14</sup>C]palmitoyl-CoA eller CDP-[<sup>14</sup>C]choline inkorporert /min/mg protein.

Som vist ovenfor, viste det seg at føring med voksestre fra raudåte gav like god vekst hos laks som ved bruk av vanlig fiskeolje, og at fordøyelse og fôromsetning var sammenlignbar. Men siden voksestre avviker fra fiskeoljer ved at de inneholder langkjedete alkoholer, kan dette ha innvirkning på opptaksmekanismer, og lipidmetabolisme i enterocytene. For å undersøke dette ble det laget primærkulturer av enterocytter fra tynntarmen til regnbueørret som hadde blitt føret på dietter med eller

uten tilsetning av raudåte olje (se forsøk ovenfor). Disse ble så innkubert med ulike fettsyrer (16:0, 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 20:1n-9, 20:5n-3, and 22:6n-3) løst i gallsalter, og opptak og metabolisme undersøkt. Forsøkene viste at opptaket var høyest for 18:1n-9 og 18:2n-6, mens forestring til cellulære lipider var høyest for 16:0 og C<sub>18</sub> fettsyrer. De fleste fettsyrene ble inkorporert i triglyserider, mens inkorporeringen inn i fosfolipidfraksjonen var liten. 16:0 var klart den dominerende fettsyren som ble inkorporert i fosfolipider. Men det var også antydning til at 20:5n-3 og 22:6n-3 ble preferert for inkorporering i fosfatidylcholine, mens 20:4n-6 ble preferert for inkorporering inn i fosfatidylinositol. Omkring 20-40% av de fettsyrene som ble tatt opp ble oksidert. Høyeste opptakshastighet ble funnet for 20:4n-6. Men oksidasjonen av de essensielle fettsyrene 20:5n-3 og 22:6n-3 var også overraskende høy. Forlengelse og umetting av de fettsyrene som ble absorbert, var generelt lav, <10%.

Det var imidlertid få forskjeller mellom fisk føret på raudåte olje eller fiskeolje. De eneste forskjellene som ble funnet var at raudåte olje så ut til å stimulere forlengelse og umetting av 16:0 og en økt forlenging av 18:1n-9. Heller ikke fettsyresammensetningen ble påvirket av type olje.

Tidligere resultater har vist at fisk gitt vegetabiliske oljer kan ha betydelig akkumulering av fett i enterocytene. En mulig årsak til dette, er at mange vegetabiliske oljer inneholder små mengder av fettsyren 16:0, som kan være nødvendig for endogen syntese av fosfolipider som kan inngå i lipoprotein syntesen. Mangel av denne fettsyren kan dermed føre til at det kun dannes triglyserider som så samles opp i cellene.

For å teste denne hypotesen, ble tarmen fra laks montert på Ussing kammer, og inokulert med radioaktivt merket monoglyserider og enten 16:0 eller 18:2n-6 som det finnes mye av i enkelte vegetabiliske oljer. Dette arbeidet er nå under opparbeiding, og vil være ferdigstilt i løpet av januar 2006.

## 2 Vitenskapelige utgivelser og annen publisering

Gjør rede for vitenskapelige utgivelser og annen publisering (som er akseptert) fra prosjektet for hele prosjektperioden i en publikasjonsliste inndelt etter publikasjonstypene i tabellen nedenfor. Følgende opplysninger bes oppgitt i listen (Hvis flere publikasjoner kopier de aktuelle "boksene" før utfylling):

### Bok/Artikkel i bok/rapport:

<b>Forfatter(e):</b>	<b>Arbeidets tittel:</b>	<b>Tittel på bok/artikkelsamling:</b>
skriv her	skriv her	skriv her
<b>Forlag/Utgiver:</b>	<b>Redaktør:</b>	<b>Flerbindsverk/serie:</b>
skriv her	skriv her	skriv her
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Bind/År:</b>	<b>ISSN/ISBN:</b>
skriv her	skriv her	skriv her
<b>Sted:</b>		
skriv her		

### Artikler:

<b>Forfatter(e):</b>	<b>Arbeidets tittel:</b>	<b>Tidsskrift/Avis:</b>
Olsen, R.E., Henderson, R.J., Suotama, J., Hemre, G.-I., Ringø, E., Melle, W. and Tocher, D.R	Atlantic salmon, <i>Salmo salar</i> , utilizes wax ester-rich oils from <i>Calanus finmarchicus</i> effectively.	Aquaculture
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b>	<b>ISSN:</b>
433-449	240: 2004	skriv her
<b>Forfatter(e):</b>	<b>Arbeidets tittel:</b>	<b>Tidsskrift/Avis:</b>
Oxley, A., Torsteinsen, B.E., Rustan, A. And Olsen, R.E.	Enzyme activities of intestinal triacylglycerol and phosphatidylcholine biosynthesis in Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> L.)	Comp. Biochem. Physiol. B
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b>	<b>ISSN:</b>
77-87	141: 2005	skriv her
<b>Forfatter(e):</b>	<b>Arbeidets tittel:</b>	<b>Tidsskrift/Avis:</b>
Oxley, A., Tocher, D.R., Torstensen, B.E. and Olsen, R.E.	Fatty acid utilisation and metabolism in caecal enterocytes of rainbow trout ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) fed dietary fish or copepod oil.	Biochim. Biophys. Acta
<b>Sidenr.: 119-129</b>	<b>Nr./Vol./År:</b>	<b>ISSN:</b>
	1737: 2005	skriv her
<b>Forfatter(e):</b>	<b>Arbeidets tittel:</b>	<b>Tidsskrift/Avis:</b>
Olsen, R.E., Suontama, J., Langmyhr, E, Mundheim, H., Ringø, E., Melle, W., Malde, M.K. and Hemre, G.-I.	The replacement of fishmeal to Antarctic krill, <i>Euphausia superba</i> in diets for Atlantic salmon, <i>Salmo salar</i> .	Aquacult. Nutr.
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b>	<b>ISSN:</b>
	2005, In Press	skriv her
<b>Forfatter(e):</b>	<b>Arbeidets tittel:</b>	<b>Tidsskrift/Avis:</b>
Opstad, I., Suontama, J., Langmyhr, E. And Olsen, R.E:	Growth, survival and development of Atlantic cod ( <i>Gadus morhua</i> ) weaned with diets made of alternative protein sources.	Aquaculture
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b>	<b>ISSN:</b>
	2006, In Press	skriv her

Innsendte artikler ved utgangen av 2005.

<b>Forfatter(e):</b> Suontama, J., Kiessling, A., Melle, W., Waagbø, R. And Olsen, R.E.	<b>Arbeidets tittel:</b> Protein from Barents Sea krill ( <i>Thysanoessa inermis</i> ), Antarctic krill ( <i>Euphausia superba</i> ) and the amphipod ( <i>Themisto libellula</i> ) can replace fish meal in diets to Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> ) without affecting product quality.	<b>Tidsskrift/Avis:</b> Aquacult. Nutr.
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b> 2006, Submitted	<b>ISSN:</b> skriv her
<b>Forfatter(e):</b> Suontama, J., Melle, W., Moren, M., Langmyhr, E., Mundheim, H. Ringø, E. and Olsen, R.E.	<b>Arbeidets tittel:</b> Growth, feed utilisation and chemical quality of Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> ) and Atlantic halibut ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ) fed with krill supplemented feeds - a comparison between krill <i>Thysanoessa inermis</i> , <i>Euphausia superba</i> and amphipod <i>Themisto libellula</i>	<b>Tidsskrift/Avis:</b> Aquacult. Nutr.
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b> 2006, Submitted	<b>ISSN:</b> skriv her
<b>Forfatter(e):</b> Moren, M., Suontama, J., Hemre, G.-I., Karlsen, Ø., Olsen, R.E. and Julshamn K.	<b>Arbeidets tittel:</b> Metal concentrations in meal from krill and amphipods – possible alternative protein source in fish feeds.	<b>Tidsskrift/Avis:</b> Aquaculture
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b> 2006, To be submitted Januar 2006	<b>ISSN:</b> skriv her
<b>Forfatter(e):</b> Karlsen, Ø., Suontama, J. and Olsen, R.E.	<b>Arbeidets tittel:</b> Krillmeal does not affect product quality of farmed Atlantic cod ( <i>Gadus morhua</i> L.)	<b>Tidsskrift/Avis:</b> Aquacult. Nutr.
<b>Sidenr.:</b>	<b>Nr./Vol./År:</b> 2006, Submitted	<b>ISSN:</b> skriv her

**Foredrag, presentasjon og lignende:**

<b>Forfatter(e):</b> Jorma Suontama, Rolf Erik Olsen	<b>Tittel::</b> THE USE OF KRILL <i>Euphausia superba</i> , NORTHERN KRILL <i>Thysanoessa inermis</i> AND COPEPOD OIL FROM <i>Calanus finmarchicus</i> AS REPLACEMENTS FOR FISHMEAL AND OIL IN DIETS FOR ATLANTIC SALMON <i>Salmo salar</i> AND ATLANTIC HALIBUT <i>Hippoglossus hippoglossus</i>	<b>Arrangement/dato/sted:</b> Innlegg på World Aquaculture Society, Bali, Indonesia, 2005
<b>Forfatter(e):</b> Olsen, R.E.	<b>Tittel::</b> Alternative marine fôråstoffer, en oversikt.	<b>Arrangement/dato/sted:</b> Innlegg på fôrseminar i regi av FHL Havbruk, Gardermoen,