

## **Tekstur og fett i laksefilet**

Turid Mørkøre, Magnus Åsli, Jens-Erik Dessen, Karen W. Sanden, Målfrid T. Bjerke, Kjellrun G. Hoås og Kjell-Arne Rørvik





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 420 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

Hovedkontor Tromsø  
Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø  
Tlf.: 77 62 90 00  
Faks: 77 62 91 00  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

# Rapport

ISBN: 978-82-8296-032-8 (trykt) ISBN: 978-82-8296-033-5 (pdf)	Rapportnr.: 38/2012	Tilgjengelighet: <b>Åpen</b>
--	------------------------	---------------------------------

<i>Tittel:</i> <b>Tekstur og fett i laksefilet</b>		<i>Dato:</i> <b>22. februar 2013</b>
		<i>Antall sider og bilag:</i> <b>71</b>
<i>Forfatter(e):</i> Turid Mørkøre, Magnus Åsli, Jens-Erik Dessen, Karen W. Sanden, Målfrid T. Bjerke, Kjellrun G. Hoås og Kjell-Arne Rørvik		<i>Prosjektnr.:</i> <b>21229</b>
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond v/Kristian Prytz		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> <b>FHF #900653</b>
<i>Tre stikkord:</i> Oppdrettslaks, kvalitet, fasthet, omega-3, helse		
<i>Sammendrag:</i> <p>Om høsten prioriterer laks å lagre fett heller enn å forbruke det til energi. Dersom fettlagrene er lave ved inngangen til høsten, vil fisken spise seg opp, vokse raskt og få økt risiko for å utvikle teksturproblemer. Problematisk gaping ble registrert hos 18 % av laksen som var mager i august (11 % fett) med rask høstvekst (TGC 4,3). Kun 3 % av laksen med mer filetfett (16 %) og jevn vekst (TGC 2,9) hadde problematisk gaping.</p> <p>Fettretensjonen i muskel var på 48 % i august–oktober mot 24 % i desember–mars. Det betyr at nesten halvparten av fôrfettet ble lagret i fileten om høsten, mot en fjerdepart om våren. Bærekraftig utnyttelse av kostbar marin fôrolje, vil derfor være å benytte høyere nivå av marint omega-3 om høsten, og heller ha lavt nivå om våren da fett i større grad forbrennes. Våre resultater viste at EPA+DHA som ble deponert i høstfettet hadde en svært langsom «utvasking». Slik vil sesongføring øke omega-3utbyttet fra fôret. Fettsyren DPA dannes fra EPA og har samme kjedelengde som DHA. Etter vår oppfatning bør nivå av DPA legges til summen av EPA+DHA for å få et riktigere totalbilde av deponering av marint omega-3 fra fôret (retensjonsberegninger).</p> <p>Det er viktig å fremskaffe mer kunnskap om optimale blandinger av planteoljer som fôrkilde til laks av ulik størrelse og i forhold til miljøforhold for å opprettholde en kostnadseffektiv produksjon av sunn kvalitetslaks. Trolig kan nivået av planteoljer være høyt og over 70 % dersom oljeblandingen er velbalansert.</p> <p>God helsestatus gjør fisken bedre rustet til å takle stress og bevare god filetkvalitet.</p> <p>Resultatene tydet på at det er mulig å stimulere til økt muskelbygging og mer robust muskel ved å gi laksen ekstra protein tidlig i livet, for deretter å gå over til et standard fôr. Dette er ny kunnskap! Optimalt tidsvindu for å stimulere til kraftigere muskelbygging (økt filetutbytte/fastere filet) bør defineres; for eksempel vurdere varighet og om tidsvinduet kan skyves over i ferskvannsfasen.</p> <p>Ekstra innblanding av proteiner (2,5 %) i standard kommersielt fôr forbedret fastheten, reduserte gaping, ga økt slakteutbytte (0,9 % høyere), økt filetutbytte (1,6 %) og bedre fiskehelse.</p>		

## Forord

Denne rapporten presenterer registreringer og resultater knyttet til et omfattende fôringsforsøk som ble gjennomført med oppdrettslaks i forsøksmerder i sjø (Nofima, Averøy) i perioden vår 2011–vår 2012. Formålet var å undersøke om det er mulig å forbedre fastheten i laksefilet ved å gi fisken et fôr med ekstra tilsetning av spesifikke proteiner. Vi benyttet en naturlig proteinkilde (fiskeskinn) som er rik på komponenter som i tidligere forsøk har vist seg å være positiv for fastheten når de tilføres fôret enkeltvis (kjemisk fremstilte). Videre undersøkte vi om det er mulig å forbedre utnyttelsen av langkjedede omega-3 fettsyrer fra fôret (EPA og DHA) ved å tilføre høye mengder av disse i perioder av året der fettutnyttelsen er spesielt høy (sesongbasert fôring), for deretter å gå over til et standardfôr med en relativt høy innblanding av planteoljer. Vi benyttet fisk med ulik energistatus og vekstpotensial ved inngangen til høsten for å undersøke om rask vekst øker risikoen å få bløt tekstur og filetspalting (gaping), samt også fettdeponering i muskel. Som noe nytt i forskningsøyemed, målte vi fettinnhold i den levende fisken underveis i forsøket ved bruk av et såkalt NIR apparat. Siden hver fisk var merket med et elektronisk merke i bukhulen, fikk vi informasjon om fettutviklingen i hver enkelt fisk frem til den ble slaktet i mars 2012. Fettmåling ved bruk av NIR er en metode som Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har bidratt til å utvikle, men som ikke har vært brukt tidligere til å følge fettinnholdet i enkeltfisk gjennom en produksjonssyklus. Fôrets betydning for helserelaterte parametere ble også undersøkt.

Medlemmene i styringsgruppen var: Anne Hilde Midttveit (Lerøy Seafood Group ASA), Kurt Olav Oppedal (Marine Harvest ASA) og Asbjørn Stensvold (Norway Royal Salmon ASA). Styringsgruppen hadde en vesentlig rolle i prosjektet, blant annet for å sikre næringsrelevans i prosjektets forskningsaktiviteter og slakteplaner. En stor takk til styringsgruppen, samt også til Tor Eirik Homme (Grieg Seafood ASA) og Leiv Tvenning (Marine Harvest ASA) for verdifulle bidrag i prosjektet. En takk også til førselskapene Ewos, Biomar og Skretting for nyttige bidrag i prosjektet på førsiden og for faglige innspill i oppstarten av prosjektet.

Forskningsaktivitetene ble gjennomført av forskere og teknisk personale ved Nofima og fire mastergradsstudenter tar sine oppgaver i tilknytning til prosjektet (innlevering 12/2012 og 05/2013). FHF som finansierte prosjektet hadde en aktiv rolle gjennom hele prosjektperioden, ved FoU koordinator Kristian Prytz som også sikret at resultater fra prosjektet ble formidlet til næringen underveis. Denne arbeidsformen sikret ytterligere at prosjektet skjerpet fokus mot de problemstillingene som var pekt på som spesielt relevante av aktører innen oppdrettsindustrien.

Ås, 3/12-2012

Turid Mørkøre

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1	Produksjon og filetkvalitet .....	1
1.2	Fôrets betydning for filetkvaliteten .....	2
1.3	Forskningsfokus .....	4
<b>2</b>	<b>Målsetting</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Gjennomføring og metode</b> .....	<b>7</b>
3.1	Gjennomføring av forsøk, Fase 1 mai-august.....	9
3.1.1	Fôret (pre-diettene).....	9
3.2	Gjennomføring av forsøk, Fase 2: august 2011–desember 2011 .....	10
3.3	Fase 3: desember 2011–april 2012 .....	11
3.3.1	Fôret i Fase 2 og Fase 3 .....	12
3.4	Uttak av fisk.....	16
3.5	Registreringer av fisk og organer .....	16
3.6	Kjemisk sammensetting og pH.....	18
3.7	Fasthet og gaping .....	18
3.8	Væsketap .....	19
3.9	Blodanalyser .....	19
3.10	Sensorisk analyse .....	20
3.11	Statistisk analyse og beregninger .....	20
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>21</b>
4.1	Vektutvikling og fôrutnyttelse .....	21
4.2	Dødelighet.....	27
4.3	Organer.....	29
4.3.1	Sammenvoksinger.....	29
4.3.2	Melanin i organer og bukvegg .....	29
4.3.3	Utbytte .....	32
4.3.4	Lever og hjerte.....	35
4.4	Fettinnhold og fettsyrer .....	39
4.4.1	Filet.....	39
4.4.2	Lever.....	47
4.4.3	Innvollene .....	50
4.4.4	Hjertet.....	53
4.5	Plasmaanalyser.....	56
4.6	Gaping.....	56
4.7	Fasthet .....	59
4.8	Filetfarge .....	62
<b>5</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Summary</b> .....	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Nytteverdi og videre forskning</b> .....	<b>68</b>
<b>8</b>	<b>Litteratur og presentasjoner fra prosjektet</b> .....	<b>71</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Produksjon og filetkvalitet

Havbruk er en viktig næring som skaper arbeidsplasser og verdier i Norge. Atlantisk laks er den viktigste arten i norsk havbruk med en total produksjon på ca. én million tonn i 2011. Laksenæringen har over mange år styrket sin markedsposisjon, mye takket være høy tilgjengelighet og akseptabel pris. For å bevare en solid markedsposisjon er det også avgjørende at filetene holder en stabil og høy kvalitet. Fileter som ikke oppfyller markedskravene kan ikke omsettes som kvalitetsprodukter og feilretting etter kvalitetsbrister fører til betydelige økonomiske tap, misnøye hos kundene, og skadet omdømme for næringen. Viktige kvalitetsegenskaper for oppdrettslaks er fasthet, utseende og innholdet av sunt omega-3-fett.

Norsk laks har generelt en høy kvalitet, men kostnadskrevenne kvalitetsbrister forekommer. Blant annet er bløt filet og filetspalting (gaping) viktige årsaker til nedklassifisering og reklamasjoner. Laks som er løs i kjøttet og som spalter mellom muskelsegmentene har lett for å revne under filetering, den har et uønsket utseende og den blir ikke godkjent for produksjon av høykvalitetsprodukter, slik som røykt laks. Problemet med bløt tekstur og spalting kan enten være synlig umiddelbart etter filetering eller etter lagring. Laks som har bra tekstur rett etter filetering, men som ikke tåler lagring, er spesielt utfordrende ettersom problemet først oppdages hos kunden. Bløt tekstur og filetspalting kan opptre samtidig eller uavhengig av hverandre. Det vil si at selve fiskekjøttet kan vært fast, selv om filetene har sprekker mellom muskelsegmentene. Likeledes kan laksen være bløt i kjøttet uten at det er dype sprekker mellom muskelsegmentene. Mange bedrifter opplever at problemet med bløt filet og spalting er mer utbredt på visse tider av året, men når de problematiske periodene opptrer kan variere mellom oppdrettere. Vekstmønsteret hos laks varierer mellom lokaliteter langs med norskekysten, og det kan tyde på at risikoen for å oppleve problematisk tekstur og gaping er større i perioder med spurtvekst.



Figur 1 Spalting (gaping) i laksefilet

## 1.2 Fôrets betydning for filetkvaliteten

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har gjennom en årrekke finansiert forskningsprosjekter som har fokusert på å avdekke årsaker til kvalitetsvariasjoner og kvalitetsforbedrende tiltak. Prosjektene har avdekket en betydelig mengde ny kunnskap om faktorer som påvirker kvaliteten av laksefilet. Blant annet har studier vist at fôrsammensettingen har vesentlig større betydning for filetkvaliteten enn tidligere antatt. Videre er det avdekket en hittil udokumentert sammenheng mellom laksens helsetilstand og kvalitet, der begge kan kobles til fôrets sammensetting av næringsstoffer. Studiene har også vist sterke indikasjoner på at fôrets sammensetting bør tilpasses laksens livsstadium og miljø. Funnene i disse FHF-finansierte studiene har ført til økt interesse for å få mer kunnskap om koblingen mellom fôrets næringsinnhold og laksens robusthet og filetkvalitet. Slik kunnskap vil kunne bidra til å sikre stabil og ønsket filetkvalitet og god fiskehelse.

Den årlige produksjonen av fiskemel og fiskeolje ligger på henholdsvis 5–7 millioner tonn og 1 million tonn. Det er lite trolig at dette kvantumet kan økes i vesentlig grad. De globale villfiskressursene bør derfor utnyttes på best mulig måte. Optimal og bærekraftig bruk av verdifulle og begrensede marine ressurser i fôr til oppdrettslaks er også et viktig tema for norsk oppdrettsnæring. Økt produksjon av oppdrettslaks fordrer relativt høy innblanding av plantebaserte fôrmidler på kort sikt. Samtidig er det viktig at utnyttelsen av restråstoffet fra fiskeriene utnyttes på en best mulig måte. Blant annet kan restråstoff benyttes til å balansere eventuelle begrensninger eller mangler som kan oppstå ved høy innblanding av visse plantebaserte fôrvarer.

Matseddelen til oppdrettslaksen har endret seg betydelig de siste 10–15 årene på grunn av begrenset tilgang og periodevis høye priser på fiskemel og fiskeolje sammenlignet med andre protein- og oljekilder. Den kommersielle produksjon av laksefôr har derved blitt gradvis mindre avhengig av fiskemel og oljer fra fiskeriene. Det er mulig å forbedre dette ytterligere. Man har vist, både i eksperimenter og i kommersielt oppdrett, at laks kan være en netto produsent av marint protein så lenge fôret er næringsmessig balansert. Tradisjonelt har kvaliteten og nivået av ulike fôrvarer blitt vurdert i forhold til tilvekst og fôrutnyttelse. Det er imidlertid viktig at fôret har en gunstig næringsmessig sammensetting og riktig nivå av aminosyrer, fettsyrer og mikronæringsstoffer som både gir god ytelse, helse og filetkvalitet.

Vi har i tidligere FHF-prosjekter fått positive helse og kvalitetsresultater ved å tilsette fôret økt mengde av aminosyrene arginin eller glutamat. Disse er viktige for blant annet muskelbygging og immunforsvaret hos landlevende dyr. I lakseforsøkene målte vi bedre fasthet av fileten, bedre helsestatus, og laksen som fikk ekstra tilsetning av disse aminosyrene hadde også bedre evne til å takle stress i forbindelse med slakting. Den positive tekstoneffekten syntes å variere noe mellom slaktetidspunkt, hvilket tyder på at behovet varierer mellom årstider. Det var en tendens til at laksen som fikk ekstra tilsetning av arginin i fôret hadde bedre høstvekst, men vektøkningen gjennom hele produksjonsfasen fra utsett til slakting var omtrent den samme for forsøksgruppene. Aminosyrene som ble tilsatt fôret var kjemisk fremstilte og fôret som ble benyttet var et standard kommersielt fôr som benyttes av oppdrettsnæringen i dag. Det er ikke aktuelt å tilsette kjemisk fremstilte aminosyrer til dagens fôr til oppdrettslaks, men den oppnådde kunnskapen er nyttig med hensyn til å optimalisere

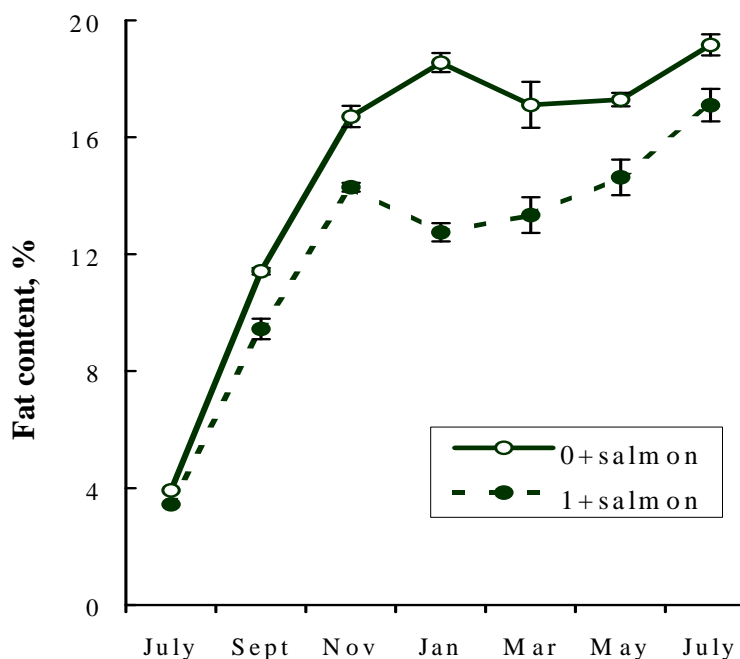
fôrsammensettingen. Dette kan blant annet gjøres ved å tilsette fôret råvarer som er rike på aminosyrene arginin og/eller glutamat fra restråstoff fra fiskeriene (for eksempel fiskeskinn).

Resultater fra gjennomførte forsøk viser at en fôrsammensetting som gir bra ytelse ikke nødvendigvis også gir bra filetkvalitet og robusthet. Videre har vi nå indikasjoner på at laks, i hvert fall i perioder, synes å prioritere vektøkning fremfor å produsere en tett og sterk muskel (kvantitet heller enn kvalitet). Med andre ord synes det å være ubalanse i deponeringen av ulike muskelkomponenter i perioder med spurtvekst, der dannelsen av bindevev (limstoff) henger etter/er forsinket i forhold til muskelfiber vekst. Resultater fra forsøkene tyder også på at det ikke er tilstrekkelig å undersøke de tradisjonelle produksjonsegenskapene (tilvekst, fôrutnyttelse) når nye fôrtyper evalueres siden nivået av spesifikke næringsstoffer kan være tilstrekkelig for god ytelse, men for lavt til å oppnå optimal kvalitet, helse og robusthet.

Fet fisk er en hovedkilde til de langkjedede, flerumettede omega-3 fettsyrene EPA (20:5n-3) og DHA (22:6n-3) i kostholdet. Denne egenskapen er et konkurransefortrinn ettersom omega-3 fettsyrene gir helsefordeler. Blant annet er det dokumentert at marine omega-3 fettsyrer reduserer risikoen for å utvikle hjerte- og karsykdommer, både hos laks som spiser omega-3-rikt fôr og hos mennesker som spiser den omega-3-rike laksen. Oppdrettslaksen får EPA og DHA fra marine råvarer i fôret, og kan bare i begrenset grad bygge dem selv ut fra kortere omega-3 fettsyrer som finnes i planteoljer. I dag kommer marint fett og protein til fiskefôr i all hovedsak fra industrifisk. Ettersom verdensproduksjonen er så høy som bestandene tillater, fordrer videre vekst innen akvakultur at alternative fôrråvarer identifiseres og tas i bruk. Dessuten har fiskemel og fiskeolje flere konkurrerende bruksområder, blant annet som råstoff i dyrefôr i landbruket, i kosttilskudd (kapsler) for mennesker, og i berikete matvarer.

Dersom marine fiskeoljer i fôret erstattes med planteoljer, avtar nivået av det marine omega-3-fettet i laksefileten fordi mengden av marine omega-3-fettsyrer laksefilet i stor grad gjenspeiler innholdet i fôret. Likevel synes laksen å ha en viss evne til å konservere EPA og DHA, slik at sammenhengen mellom sammensettingen av fôrfettet og fettsammensettingen i laksemuskelen ikke er 100 % entydig. Det er også nærliggende å tro at laksens evne til å deponere og konservere omega-3 fettsyrene varierer gjennom året ettersom fettretensjonen viser så store årstidsvariasjoner. For eksempel synes høsten å være en periode der laksen biologisk sett er "programmert" til å deponere fett, mens retensjonen av fett er betydelig lavere om våren (Figur 2). Temperaturen i sjøen synes også å spille en rolle. Det er derfor tenkelig at omega-3 fett fra fôret kan utnyttes bedre dersom det blandes i fôret i perioder der fisken avleirer fett i muskelen, mens fôrfettet kan bestå av mer plantefett i perioder der laksen forbrenner fett.





Figur 2 Variasjon i fettinnhold i laksefilet (Kilde: Mørkøre & Rørvik, 2001)

### 1.3 Forskningsfokus

På Strategisamlingen som FHF arrangerte i Trondheim i november 2010, ble deltakerne inndelt i grupper som skulle peke på forskningsfelt som FHF bør ha fokus på innen ulike områder. Gruppen som skulle fokusere på de mest relevante forskningsfeltene knyttet til filetkvalitet var bredt sammensatt med deltakere som representerte hele verdikjeden; fra fôrindustri og oppdrett til ferdigmat, samt forskning. Konklusjonen fra gruppearbeidet var at bløt filet er en hovedutfordring for akvakulturindustrien som FHF bør prioritere å løse i videre forskning. En annen problemstilling som ble påpekt som en nøkkelutfordring er å sikre god utnyttelse av de begrensede marine oljeressursene som er tilgjengelige for bruk i fôr til laks – dette for å sikre et tilstrekkelig høyt nivå av langkjedede marine oljer (spesielt EPA og DHA) i filet på en bærekraftig måte.

Tilnærmingen i dette prosjektet er basert på anbefalingene som fremkom av gruppearbeidet. Følgende spørsmål ble ansett som spesielt relevante å få svar på:

- I. Er det mulig å styre laksens energistatus ved inngangen til høsten.
- II. Har laksens energistatus ved inngangen til høsten betydning for vekstmønsteret og fettakkumulering.
- III. Gir rask tilvekst om høsten uønsket bløthet og filetspalting.
- IV. Får laksen fastere filet og mindre spalting dersom fôret tilføres gode proteiner gjennom høsten.
- V. Er det sammenheng mellom energistatus ved inngangen til høsten og tilvekst, fettdeponering og fasthet/bløthet, gaping.

- VI. Kan vi oppnå økt omega-3 utbytte ved å gi laksen høyt nivå av marine oljer i perioder av året da vi vet at fettretensjonen er høy.
- VII. Er fôreffektene avhengige av laksens "historie" (geografisk gradient).

Mange spørsmål å besvare i ett og samme prosjekt og en utfordring med hensyn til design. Men etter en del tenkearbeid og diskusjoner med dyktige forskere, praktikere, FHF og industriaktører, landet vi på et design som på best mulig måte skulle besvare samtlige spørsmål. Underveis i prosjektet ble det gjort justeringer i henhold til anbefalinger fra styringsgruppen.

## 2 Målsetting

Det overordnede målet med prosjektet var å bidra til forbedret filetkvalitet og økt bærekraft av norsk oppdrettslaks. Delmålene i prosjektet var som følger:

- I. Å undersøke i hvilken grad laksens energistatus på sensommeren påvirker fettdeponering utover høsten.
- II. Å undersøke i hvilken grad uønsket bløthet/filetspalting i filet er knyttet til veksthastighet.
- III. Å undersøke om det er sammenheng mellom energistatus ved inngangen til høsten og tilvekst, fettdeponering, fasthet/bløthet og filetspalting (gaping).
- IV. Å undersøke om det er mulig å forbedre fastheten/minske gaping i filet ved å tilføre fôret visse ingredienser basert på restråstoff fra hvitfiskindustrien.
- V. Å undersøke om det er mulig å forbedre utnyttelsen av marint omega-3 fra fôret ved å gi laksen et fôr som er rikt på marint omega-3 (EPA+DHA) tidlig på høsten da laksen deponerer mye fett.

### 3 Gjennomføring og metode

Aktiviteten i prosjektet var delt inn i tre faser.

**Fase 1:** 05.2011–08.2011. Produksjon av laks med ulikt fettinnhold og vekstpotensial (tre fôrtyper)

**Fase 2:** 08.2011–12.2011. Fôring med ulike fôrtyper: Kontroll, Marin+, Protein+

**Fase 3:** 12.2011–03.2012. Laksen fikk samme fôret som i Fase 2, men en gruppe laks som hadde fått Marin+ fôret fikk Kontroll fôret i denne perioden

#### **FASE 1 (mai 2011 – august 2011)**

**Gruppe 1:** Standard laksefôr, 34 % fett og 33,5 % protein

**Gruppe 2:** Magert fôr, 18 % fett og 50 % protein

**Gruppe 3:** Magert fôr, ½ rasjon

#### **FASE 2 (august 2011 – desember 2011)**

**Kontroll:** Marin olje = standard (30 % marin og 70 % rapsolje). Protein = standard (41,4 %)

**Marin+:** Marin olje = høyt nivå (70 % marin og 30 % rapsolje) Protein = standard (41,4 %)

**Protein+:** Marin olje = standard (30 % marin og 70 % rapsolje). Protein = standard (43,5 %)

#### **FASE 3 (desember 2011 – mars 2012)**

**Kontroll:** Marin olje = standard (30 % marin og 70 % rapsolje). Protein = standard (34,5 %)

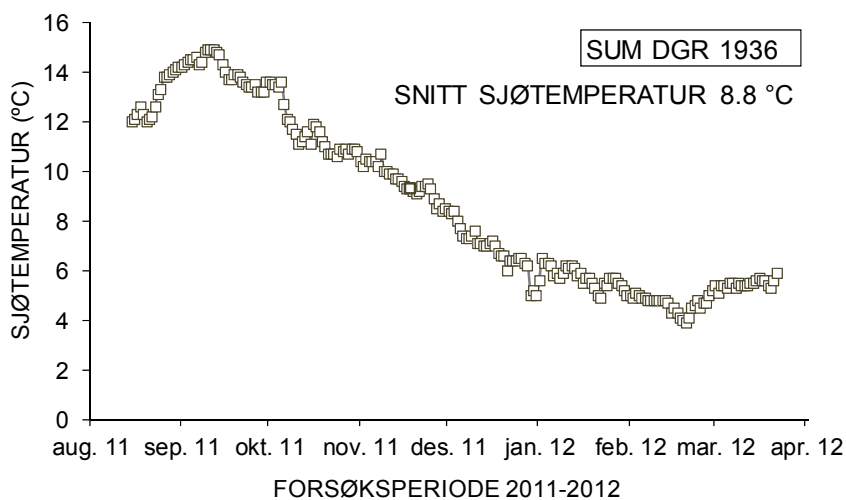
**Marin+:** Marin olje = høyt nivå (70 % marin og 30 % rapsolje) Protein = standard (34,5 %)

**Protein+:** Marin olje = standard (30 % marin og 70 % rapsolje). Protein = standard (37 %)

Laks ble tatt ut til analyse i mai, august, oktober, desember og i mars. Tabellen nedenfor viser dato for uttakene og antall fisk analysert ved hvert av uttakene. Den gjennomsnittlige temperaturen i sjøen gjennom hele forsøket er vist i Figur 3.

Tabell 1 Oversikt over uttakstidspunkt og antall fisk analysert ved hvert uttak. All fisk ble PIT-tag lest ved hvert uttakstidspunkt, rundvekt og lengde ble registrert og fettinnhold analysert ved NIR

Uttak	Mai	August	Oktober	Desember	Mars
Dato	10–13	9–11	18–19	6–9	20–22
Antall nøter fisken ble tatt fra	3	3	6	12	9
Tilvekst og fettmåling ved NIR, antall fisk A	1950	1620	900	1620	
Fisk slaktet for analysering B	30	60	180	360	270



Figur 3 Utvikling i sjøtemperatur fra august 2011 til mars 2012



Figur 4 Bilder fra uttakene av fisk ved Nofimas forsøksstasjon, Averøy. Av bildene fremgår endringen i fiskestørrelsen gjennom forsøket fra august (gjennomsnitt 2,5 kg) til mars (gjennomsnitt 6,5 kg)

### 3.1 Gjennomføring av forsøk, Fase 1 mai-august

Laks med en gjennomsnittsvekt på cirka 1 kg ble merket med elektronisk merke (individmerket, Pit-tag) og fordelt i 3 nøter, 650 laks per not i mai 2011.

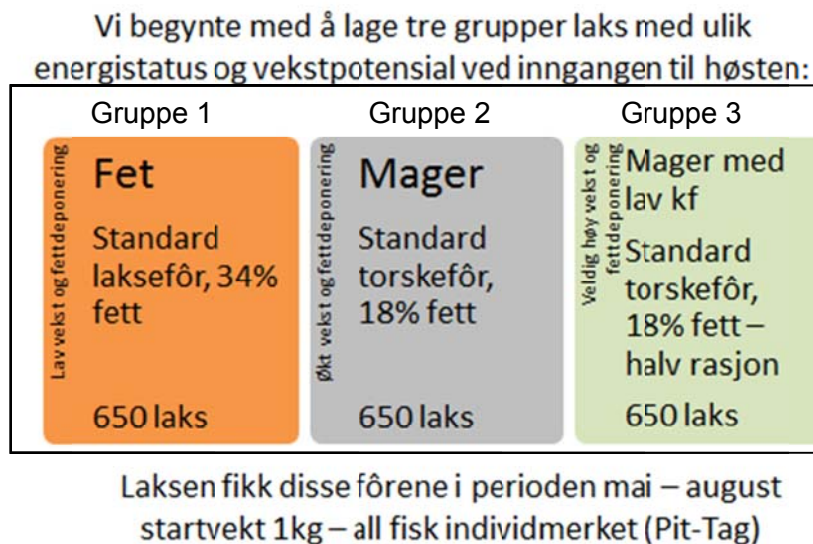
Laksen i de ulike nøtene fikk kommersielle fôr (pre-dietter) med henholdsvis:

- Gruppe 1: 34 % fett (høyt/standard fettinnhold med føring til metning)
- Gruppe 2: 18 % fett (lavt fettinnhold med føring til metning)
- Gruppe 3: 18 % fett, ½ rasjon av fôr 2 (Lavt fettinnhold med føring til 50 % metning)

Formålet med dette oppsettet var å produsere fisk med ulik energistatus ved inngangen til høsten 2011 og med ulik veksthastighet frem til slakt på cirka 6 kilo tidlig vår 2012:

- 1 Laks med høyt fettinnhold og jevn tilvekst
- 2 Laks med lavt fettinnhold og raskere vekst
- 3 Laks med veldig lavt fettinnhold og veldig høyt vekstpotensial (kompensasjonsvekst)

Mengden marin olje var tilsvarende for høyfett (Gruppe 1) og lavfett fôret (Gruppe 2 og 3). Laksen i Gruppe 1 og 2 ble fôret til metning. Alle nøter hadde fôroppsamling og fôr spist ble beregnet daglig utfra fôr tildelt fratrukket fôret i oppsamlingen. Gruppe 3 fikk 50 % rasjon, beregnet i forhold mengde fôr spist av laksen i Gruppe 2. Fisk ble tatt ut til analyse ved oppstart i mai og i august (30 fisk). I august ble rundvekt, lengde og fettinnhold målt i hver enkelt fisk (måling av levende fisk ved NIR). Det ble tatt ut 20 fisk fra hver merd til analyse.



Figur 5 Fase 1, oppsummert

#### 3.1.1 Fôret (pre-diettene)

Laksen fikk to ulike kommersielt produserte fôr (pre-dietter) i perioden mai–august. Det feitere fôret var et standard laksefôr mens det magre fôret var et standard kommersielt torskfôr som ble coatet med pigment. Alt av fôr var tilsatt samme pigmentmengde, 50 mg astaxanthin/kg. Sammensettingen av hovednæringsstoffene er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Hovednæringsstoffer i fôret (pre-diettene) tildelt laksen i perioden mai–august (Fase 1)

	Standard fôr Gruppe 1	Magert fôr Gruppe 2 og 3
Råprotein, prosent (Kjeldal N*6,25)	33,5	49,9
Totalt tørrstoff, prosent	93,4	91,7
Aske, prosent	4,6	7,2
Fett, prosent (syrehydrolyse)	34,1	17,5
Total stivelse, prosent	9,3	6,2

Metodereferanser for akkrediterte analyser: [www.nofima.no/ingrediens](http://www.nofima.no/ingrediens)

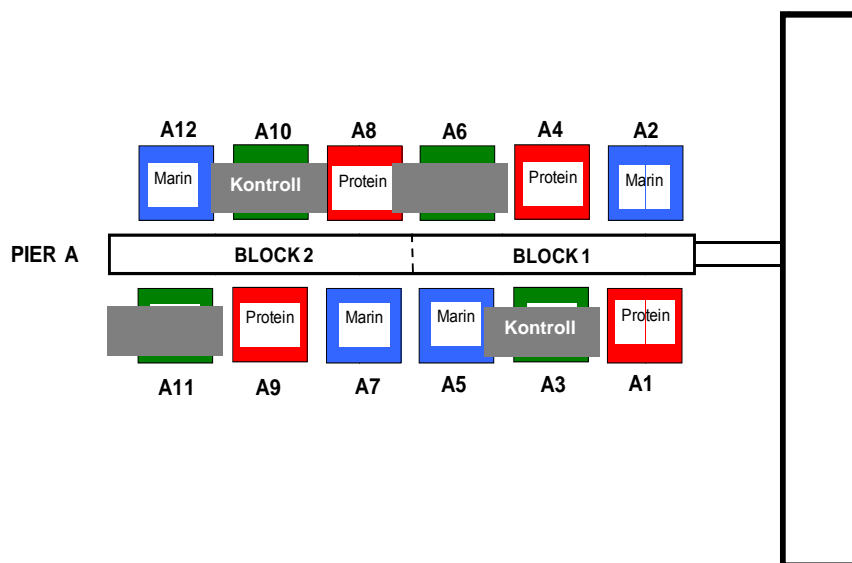
### 3.2 Gjennomføring av forsøk, Fase 2: august 2011–desember 2011

Laksen fra hver pre-diett gruppe, Gruppe 1, 2 og 3 ble jevnt fordelt i 12 nye nøter (125m<sup>3</sup>), 50 laks fra hver gruppe (150 laks per not). Fôret som ble benyttet var (se side 7):

- **Kontroll:** Standard nivå av marin olje (30 % marin & 70 % raps) og standard protein
- **Marin+:** Høyt nivå av marin olje (70 % marin & 30 % raps) og standard protein
- **Protein+:** Standard nivå av marin olje (30 % marin & 70 % raps) og høyt protein

Figuren nedenfor viser fordelingen av nøter som ble tildelt det ulike fôret (blokkdesign). Alle nøtene var tilknyttet samme pir med en slik fordeling at miljøeffektene ble minimale (Figur 6). Nøtene var fordelt i to blokker, der all laks fra "Blokk 1" ble veid, lengdemålt og analysert for fettinnhold (NIR måling av levende fisk) i oktober. Laks fra "Blokk 1" og "Blokk 2" ble analysert i desember. Ved uttak og analyse ble all fisken håvet over i kar med bedøvelse (MS222) og deretter identifisert/PIT-tag lest, veid og lengdemålt, analysert ved NIR-måling (fettanalyse) og deretter overført tilbake til merden. Disse målingene ble benyttet til å følge vekstmønsteret for individuelle fisk (vekt og lengde), endring i kondisjonsfaktor og også i fettinnhold. Det tekniske personalet ved forsøksstasjonen har lang erfaring med slike operasjoner, og tiden det tok fra fisken ble tatt ut av bedøvelseskaret til den var tilbake i merden tok ca to minutter. All handtering ble gjort så skånsomt som mulig, men likevel kan slik handtering føre til noe stress og påfølgende vekststagnasjon i en kortere eller lengre periode etter uttak. For å hindre stresspåført vekststagnasjon, ble kun laks fra "blokk 1" analysert i oktober.

Ved uttak ble 30 laks tatt ut til analyse fra hver not, totalt 180 laks i oktober og 360 laks i desember (se Tabell 1). Blant de 30 laksene som ble tatt ut til analyse, tilhørte 10 laks Gruppe 1, 10 laks Gruppe 2 og 10 laks Gruppe 3. Laksene ble tatt ut basert på de elektroniske PIT- tag merkene som laksen hadde i buken.



Figur 6 Fordeling av fôrtyper i de 12 nøtene i forsøket ved Nofimas forskningsstasjon på Averøy

### 3.3 Fase 3: desember 2011–april 2012

I Fase 3 benyttet vi tre nøter per fôrtype. Det vil si at én not per fôrtype ble tatt ut fra hver av: Kontroll, Marin+ og Protein+. I hver av Marin+ og Protein+ nøtene var det 75 fisk som ble overført fra de samme fôrbehandlingene i Fase 2 (25 fisk fra hver av Gruppene 1, 2, 3). I hver Kontrollnot hadde vi likeledes 75 fisk, men hvorav 24 fisk var overført fra en Marin+ behandling i Fase 2 (8 fra hver av Gruppene 1, 2 og 3). Laksen i alle nøter ble fôret til metning og sulteperioden før slaktning i mars var 3 dager.





Figur 7 Mange flinke folk involvert: Forskere, ingeniører, teknikere, studenter

### 3.3.1 Fôret i Fase 2 og Fase 3

Det var visse utfordringer med å få ønsket sammensetting av forsøksfôret. Vi hadde planlagt å tilføre råpellets de ønskede oljeblandingene (henholdsvis rapsolje og Søramerikansk fiskeolje), men det viste seg å være umulig å få inn tilstrekkelig oljemengde ved vakuumcoating. En råpellet som tas ut fra ekstruderen før tilsetning av olje vil være varm og porøs, men kollaps av porene i pelletene var antakelig årsaken til at vi mislyktes med oljecoatingen. Vi innledet derfor en dialog med sentrale næringsaktører for å finne en løsning på utfordringen knyttet til fôrproduksjonen. Velviljen var stor fra samtlige fôrfirmaer til å finne en løsning og også flere oppdrettere var involvert. Vi er veldig takknemlige for all støtten og engasjementet! Den endelige løsningen var at vi fikk tilgang på et fôr som ble benyttet i et ørretforsøk. Sammensettingen av oljen var ideell i forhold til vår problemstilling, men pelletstørrelsen var noe lav på senhøsten (7mm), selv om dette ikke syntes å ha negativ innvirkning på fôrintaket og tilveksten. Videre var fettinnvået noe lavt (31,5 %) i perioden august–november. For å få opp fettinnholdet, ble pelletene derfor coatet med fett på forsøksstasjonen i denne perioden (2 % toppcoating med samme oljeblanding som den i fôret). Fra november og ut forsøksperioden, var fôrsammensettingen ideell (pelletstørrelse 9mm og fettinnholdet 36–37 %). Sammensettingen av forsøksfôret er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Hovednæringsstoffer i fôret i perioden august 2011-mars 2012 (Fase 2&3)

	Kontroll fôr 7mm	Kontroll fôr 9mm
Totalt tørrstoff, prosent	94	93,9
Råprotein, prosent (Kjeldal N*6,25)	41,4 (+2 % i Protein+ fôret)	34,6 (+2 % i Protein+ fôret)
Aske, prosent	4,8	5,1
Fett, prosent (syrehydrolyse)	35,6	37,7
Total stivelse, prosent	6,1	6,8
EPA+DHA	2,9 (5,5 i Marin+ fôret)	2,8 (7 i Marin+)

\* Nivå i oljen. Metodereferanser for akkrediterte analyser: [www.nofima.no/ingrediens](http://www.nofima.no/ingrediens)

Tabell 4 Aminosyresammensetting i kontrollfôret og i proteinkilden som ble benyttet i Protein+ fôret

Aminosyre	Kontroll fôr	Proteinkilden i Protein+ fôret g/100g
<b>Essensielle aminosyrer</b>		
Histidin	0,86	0,75
Leusin	2,51	2,64
Isoleusin	1,53	1,24
Lysin	2,18	3,30
Metionin	0,85	1,11
Fenylalanin	1,60	1,86
Treonin	1,26	2,13
Tryptofan	0,27	<0,05
Valin	1,64	2,04
<b>Ikke essensielle</b>		
Alanin	1,60	9,31
Arginin	2,25	7,79
Aspartat	3,33	5,66
Cystein	0,42	0,05
Glutamat	6,57	9,74
Glycin	1,61	22,35
Hydroksikysin	0,06	1,46
Hydroksyprolin		9,0
Prolin	1,64	11,56
Serin	1,58	3,17
Tyrosin	0,99	0,42

# Rousselot® 100 FG 8

Fish gelatine

## Product description

Rousselot® 100 FG 8 is an acid process gelatine extracted from fish skin for edible applications.

Gelatine is used in confectionery, water jellies and desserts, dairy products, aspics or functional food, for its versatility. Its functionalities include gelling, binding, stabilizing, thickening, whipping, emulsifying, sticking and foaming power, syneresis prevention and thermo-reversibility.

Rousselot® 100 FG 8 fish gelatine complies with most international edible regulations, including the European Regulations (EC) N°63/2004 and N°2073/2005, and their latest modifications in force at the date of issue of this datasheet.

However, we recommend that the customer ensures that this product is in compliance with local regulation in force, particularly in the countries where the finished product is to be consumed.

Rousselot® 100 FG 8 fish gelatine is available in the following particle size: 8 mesh ASTM.

## Physical/Chemical/Microbial Limits

Standard parameters	Specifications	Test Method referenced (*)
Gel strength	90 - 110 g	GME, GMIA
Viscosity	3.0 - 4.0 mPa.s	GME, GMIA
pH	4.0 - 5.8	GME, GMIA
Loss on drying	≤ 13	GME, GMIA
Residue on ignition	≤ 2	GME, GMIA
<b>Residue limits</b>		
Arsenic	≤ 1.0 ppm	GME
Cadmium	≤ 0.5 ppm	GME
Chromium	≤ 10 ppm	GME
Copper	≤ 30 ppm	GME
Mercury	≤ 0.15 ppm	GME
Lead	≤ 5 ppm	GME
Zinc	≤ 50 ppm	GME
Sulfites (SO <sub>2</sub> )	≤ 10 ppm	GME, GMIA
Peroxides	≤ 10 ppm	GME

### Microbial limits

Total Bacterial count	< 1000 CFU/g	GME, GMIA
E. Coli	Absence in 10 g	GME, GMIA
Salmonella	Absence in 25 g	GME, GMIA
Anaerobic sulphite-reducing bacteria	< 10 CFU/g	GME

(\*) Test method used depends on the country of production of the gelatine

Figur 8 Produktbeskrivelse av proteinkilden som ble benyttet i Protein+ føret

Tabell 5 Fettsyresammensetting i forsøksfôret (% av oljen)

Fettsyre	Prediett			Hoveddiett 7mm		Hoveddiett 9mm	
	Gruppe 1	Gruppe 2 Gruppe 3		Kontroll fôr Protein+ fôr	Marin+ fôr	Kontroll fôr Protein+ fôr	Marin+ fôr
C 14:0	3,8	6,2		2,4	4,9	2,4	5,4
C 15:0	0,3	0,5		0,3	0,3	0,3	0,4
C 16:0	9,5	16,2		8,5	12,7	9,3	14,3
C 16:1 n-7	3,9	7,3		2,9	6,0	2,7	5,9
C 17:0	0,1	0,6		0,4	0,9	0,3	0,3
C 16:2 n-6	0,3	0,4		0,0	0,0	0,3	0,8
C 16:3 n-4	0,3	0,7		0,5	1,0	0,4	0,9
C 18:0	2,3	2,2		2,7	3,3	2,8	3,7
C 18:1 n-11	0,3	0,2		0,0	0,0	0,3	1,5
C 18:1 n-9	32,4	14,0		41,7	26,6	42,2	23,5
C 18:1 n-7	2,7	2,5		0,2	0,1	2,3	2,5
C 18:2 n-6	10,6	5,1		13,8	8,1	14,0	7,4
C 18:3 n-3	4,6	1,6		6,4	3,4	6,0	2,9
C 20:0	0,5	0,2		0,0	0,0	0,5	0,4
C 20:1 n-11	1,3	2,2		0,8	0,5	0,9	0,8
C 20:4 n-3	0,5	0,6		0,0	1,8	0,1	0,0
C 20:1 n-9	6,6	4,5		1,5	1,4	1,8	1,5
C 20:4 n-6	0,2	0,6		0,4	0,8	0,0	0,1
C 20:3 n-3	1,0	0,1		0,0	0,0	0,0	0,0
C 22:0	0,0	0,1		0,9	0,8	0,2	0,1
C 22:1 n-7	0,3	0,6		0,0	0,0	0,3	0,2
C 22:1 n-11	7,5	6,7		0,9	1,4	1,3	0,5
C 22:1 n-9	0,8	0,6		0,5	0,3	0,3	0,8
C 20:5 n-3	3,5	9,8		4,6	10,2	4,2	11,0
C 24:1 n-9	0,4	0,7		0,3	0,3	0,3	0,3
C 22:5 n-3	0,4	1,2		0,6	1,3	0,5	1,4
C 22:6 n-3	3,3	9,9		3,4	7,3	3,7	7,7
Sum EPA/DHA	6,8	19,7		8,0	17,5	7,9	18,7
Sum n-3	13,2	23,2		15,1	24,2	14,6	23,1
Sum n-6	11,3	6,5		14,5	9,3	14,5	8,8
Sum n-0	16,7	26,4		15,1	22,8	16,1	24,9

Fettsyrer <0,3 er ikke vist i tabellen

### 3.4 Uttak av fisk

Prosedyren for opptak av fisk var tilsvarende ved samtlige uttak. Fisken ble håvet over i bedøvelseskar (MS 222 0.1 g/L, Alpharma, Animal Health Ltd, Hampshire, UK) i batcher, og deretter umiddelbart PIT-tag lest på merdkanten. PIT-tag lesere var koblet til en datamaskin med informasjon om fôrhistorien til hver enkelt fisk i nota via PIT-tag merket i fiskens bukhole. Derved kunne operatøren av PC'n gi umiddelbar beskjed om hvilke analyser som skulle foretas, det vil si om fisken skulle:

- Tilbakeføres til merden etter registrering av rundvekt, lengde og fettanalyse (NIR).
- Avlives, bløgges og sendes til slaktehallen for videre prosessering og analysering etter registrering av rundvekt, lengde og fettanalyse (NIR) (30 fisk per merd; 10 fra hver av pre-diettene: Gruppene 1, 2, 3).

Ved hvert slaktetidspunkt ble all fisk tatt opp av merden og registrert for vekst, lengde og NIR, mens 30 fisk ble tatt ut til analyse fra hver merd (10 fisk per Gruppe 1, 2, 3). Fisken som ble tatt ut til analyse fikk en metallklips med nummer på festet til gjellelokket (sauemerke), som kunne linkes til PIT-tag nummeret og derved laksens "historie" (fôrbehandling, tilvekst og fettutvikling). Laksen ble tatt opp av merden i tilfeldig rekkefølge, og den fisken som skulle til videre analyse ble tatt ut med en hastighet som var tilpasset analysekapasiteten på slakterommet. Laks fra Gruppene 1, 2, 3 kom blandet inn på slakterommet til analyse.

Det utviklede systemet og logistikken fungerte utmerket. Selv når det blåste som verst i oktober, var håndteringen så skånsom at appetitten til fisken tok seg raskt opp etter uttak.

### 3.5 Registreringer av fisk og organer

Fisken ble sløyet etter utbløding (25 minutter i sjøvann). Deretter ble følgende registreringer foretatt: Kjønn, sammenvoksninger av organer (Speilbergskala 0–6), fettmengde rundt innvollene (1–5 poeng) melanin i organer (0–3 poeng), melanin i bukvegg (0–3 poeng), leverfarge (1–6 poeng), form på hjertet og fettakkumulering på hjertet. Avvikende utseende av organer ble notert. Det ble tatt ut prøver til eventuell histologisk undersøkelse og vekten av lever, hjerte og innvoller ble registrert. Fisken ble filetert for hånd og filetvekten ble notert. Den venstre filetsiden ble fotografert for senere analyse av farge- og fettinnhold ved bildeanalyse, og synlig gaping ble notert (sprekker i fileten). De venstre filetsidene ble pakket individuelt i plastikkposer, lagt på is og transportert til Nofimas laboratorium på Ås for videre kvalitetsanalyser. Den høyre filetsiden ble benyttet til analyse av pH og det ble kuttet ut en kotelett for eventuell analyse senere (NKS). Prøver av muskel og organer ble også frosset ned på flytende nitrogen for eventuelt senere analyse.

#### Innvollsfett

Ved hvert av slaktetidspunktene var det en stor mengde fisk som skulle registreres innenfor et kort tidsrom. Derfor var det viktig at hver registrering var så effektiv som mulig og samtidig så god/informativ som mulig. Det ble derfor utviklet en ny skala for bedømming av mengde innvolls fett som ikke krever verktøy, men kun en rask observasjon. Skalaen går ut på å vurdere synligheten av blindsekkene (se Figur 9)

1 poeng: blindsekkene er godt synlige

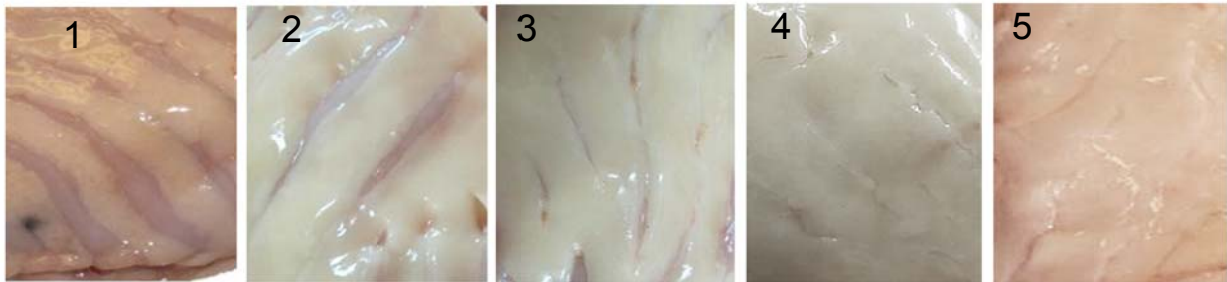
2 poeng: blindsekkene er synlige

3 poeng: blindsekkene synlige gjennom sprekker i innvolls fett

4 poeng: blindsekkene synlige gjennom fett (striper i innvolls fett)

5 poeng: blindsekkene ikke synlig

Denne skalaen fungerte svært bra, og har blitt benyttet i flere F&U prosjekter siden



Figur 9 Skala som ble benyttet for bedømming av innvolls fett

### Leverfarge

Fokuset på sammenhengen mellom helsestatus og leverens tilstand har økt betydelig de senere årene, blant annet knyttet til fedmeproblematikken/overvekt hos mennesker. Vi har også i tidligere FHF-prosjekt sett en nær sammenheng mellom leverstatus og filetkvalitet. Det er vanlig å analysere leveren for fettinnhold, men vi hadde også et ønske om å beskrive leverens utseende/makroskopisk tilstand. Da det ikke fantes en skala for slike registreringer, ble en skala utviklet. Skalaen går fra 1–5 poeng, der 1 er lys og 5 er mørkebrun (Figur 10).



Figur 10 Leverfarge hos laks fra marsuttaket i prosjektet. Den lyse leveren (tilsvarende 1 poeng) er av laks fra Kontroll gruppen og den mørke leveren (tilsvarende 5 poeng) er av laks fra Marin+ gruppen

## Hjertet

Synlig fettdeponering på hjertet ble vurdert som en «enten eller» egenskap, likeledes fasongen (normal/avvikende form). Vekten på hjertet ble tatt etter at bulbus og forkammeret var fjernet (Figur 11).

Vurdert - hjertestørrelse: % av kroppsvekt (ventrikel vekt)  
- utseende: 1) synlig fettdeponering på overflaten av hjerte  
2) form, +/- avvikende form  
- andre avvik



Figur 11 Bilder som illustrerer fettakkumulering av fett på overflaten av hjertet, hjerter med avvikende fasong og andre avvik. Bildene er av laks fra prosjektet (desember- og mars-uttaket)

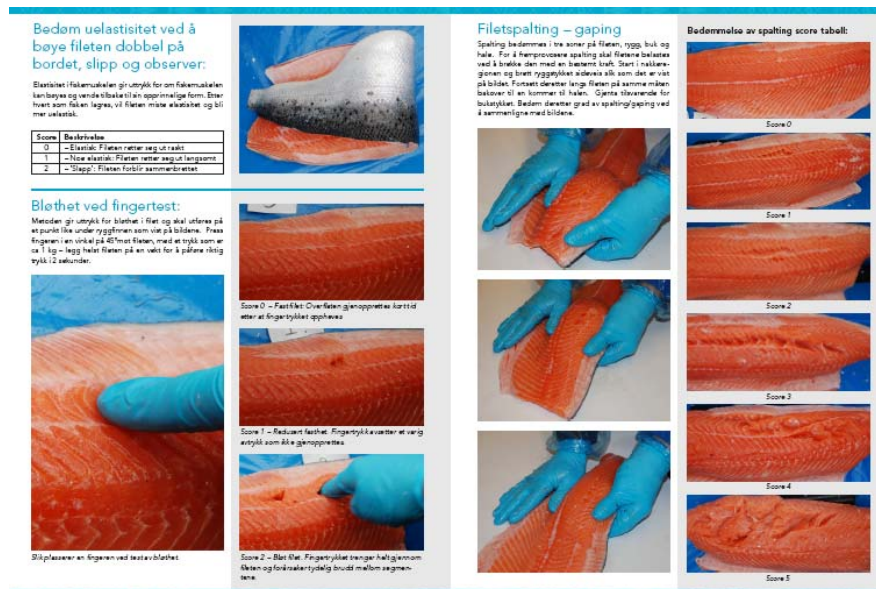
### 3.6 Kjemisk sammensetting og pH

Analysene av fett i fileten ble utført ved NIR (området under sidelinjen i NKS), fotografering (NKS) og ved kjemisk analyse (ryggmuskel under ryggfinnen). Foto og NIR-analysene ble utført i henhold til Folkestad m.fl. (2008). Kjemiske analyser ble i tillegg til fileten, også utført i innvoller, hjertet og i lever (Folch m.fl., 1957). Fett beskrevet av Larsson m.fl. (2012). Protein og aminosyresammensetting ble analysert slik det er beskrevet [www.nofima.no/ingrediens](http://www.nofima.no/ingrediens). Muskelens pH ble målt ved bruk av instrumentet: 330i, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH (WTW), Weilheim, Germany, koblet til en elektrode (BlueLine 21, Schott Instruments Electrode, SI Analytics GmbH, Mainz, Germany) og en temperaturkompensator (TFK 325, WTW).

### 3.7 Fasthet og gaping

Fasthet ble målt instrumentelt ved bruk av en metode som tidligere har vist god sammenheng med sensorisk vurdering av fasthet i både rå og røkt laks (Mørkøre & Einen, 2003). Målingen skjer ved at en sylindere (12,5 mm diam) trykkes inn i fileten eller koteletten ved en konstant hastighet (1mm/s; nedtrykk til 90 % av fileten/kotelettykkelsen). Samtidig som målingen utføres, blir kraften registrert kontinuerlig på skjermen på en tilknyttet PC. Kraften som skal til for å bryte overflaten (bruddstyrken), samt også totalarbeidet (arealet under tid-kraft-grafen) benyttes som mål på fasthet. I dette prosjektet ble målingene tatt på fileten rett foran ryggfinnen og i NKS (over sidelinjen), samt også på kotelett (området under ryggfinnen;

2,5 mm tykke koteletter). Gaping ble registrert rett etter filetering (som enten/eller, ikke grad av gaping) og også etter seks dagers lagring (0–5 poeng, skånsom metode i henhold til Andersen m.fl., 1994). I tillegg ble filetene utsatt for en hardhendt gapingtest som simulerer filetens egnethet for industriell prosessering (0–5 poeng, FHF industritest [http://www.fiskerifond.no/index.php?current\\_page=index&lang=no&id=645](http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=index&lang=no&id=645)) (Figur 12).



Figur 12 Industristandard

### 3.8 Væsketap

Mengden væsketap ble analysert ved bruk av to ulike metoder. Den ene metoden bestod i å måle væsketap (vann- og fettslipp) fra muskelskiver (12–15 gram) som ble skåret fra ryggmuskelen etter at filetene var lagret i seks dager (tatt ut samme dag som teksturanalysene). Muskelen ble plassert på en absorberende matte og væsketapet ble målt som muskelens vekt tap etter 4 dagers lagring ved 4°C. Mengden fettslipp ble estimert etter tørking av den absorberende matten (Mørkøre m.fl., 2001). Væsketap ble også målt som vektendring av filet de første fire dagene etter filetering. Dette ble gjort ved å plassere en absorberende matte under filetene ved pakking (ca. 45 minutter etter avliving). Væsketapet ble kalkulert som  $Vekt\ t\ a\ p\ a\ v\ m\ a\ t\ t\ e\ / O\ p\ p\ r\ i\ n\ n\ e\ l\ i\ g\ f\ i\ l\ e\ t\ v\ e\ k\ t\ *100\ \%$ .

### 3.9 Blodanalyser

Blodprøver ble tatt fra halevenen (EDTA rør) og umiddelbart sentrifugert i 10 minutter ved 850 g ved 4°C. Plasmaprøvene ble deretter lagret ved -20°C. Enzymaktivitet av creatine kinase (CK) og alanine aminotransferase (ALT) ble analysert som indikatorer for muskelnedbrytning (Vanholder *et al.*, 2000) og avvikende leverfunksjon (Kim *et al.*, 2008). Enzymaktiviteten ble analysert spektrofotometrisk (Avida®1650 analytical instrument, Bayer, Tarrytown, NY, USA), (Tietz, 1995).



### 3.10 Sensorisk analyse

Sensorikkpanelet bestod av 12 trente dommere (ISO, 1993), bedømmingen ble gjennomført i henhold til retningslinjer for sensoriske analyser (ISO, 2003) og krav til laboratedesign var i henhold til ISO 8589 (ISO, 1988). Det ble laget samleprøver av fileter fra hver fôrtype i mars (2x2 cm terninger fra hver av Gruppe 1 og Gruppe 3 ved uttaket i mars). Muskelprøvene ble varmebehandlet før servering. Utseende, lukt, smak og tekstur ble bedømt og analysert.

Prøvene hadde vært frosne i ca to uker før de ble analysert. De sensoriske egenskapene ble bedømt etter en skala fra 1 (lav intensitet) til 9 (høy intensitet).

### 3.11 Statistisk analyse og beregninger

Resultatene ble analysert ved bruk av statistikk programmet SAS. I fleste tilfeller ble det benyttet variansanalyse for å undersøke forskjeller mellom fôrbehandlinger. Korrelasjonsanalyser (Pearsons) ble benyttet for å undersøke sammenhenger mellom registrerte egenskaper. I de statistiske modellene ble det korrigeret for eventuelle kjønnsforskjeller. Students t-test ble også benyttet for å undersøke forskjeller mellom grupper/fôrbehandlinger.

- Tilvekst,  $TGC = (W_b^{1/3} \times W_a^{1/3}) \times (\sum T)^{-1} \times 1000$ , der  $W_a$  er startvekten  $W_b$  er sluttvekten.  $\sum T$  er døgnggradssummen. TGC kalles også VF3.
- Kondisjonsfaktoren er beregnet som,  $K_f = \text{rundvekt (g)} / \text{lengde (cm)}^3 \times 100$ .
- Organindeks:  $\text{Vekt organ (g)} / \text{rundvekt (g)} \times 100$ .
- Filetutbytte:  $\text{Vekt filet X2 (g)} / \text{rundvekt (g)} \times 100$ .
- Slakteutbytte:  $\text{Sløydvekt (g)} / \text{rundevekt (g)} \times 100$ .
- Retensjon:  $\text{Næringsstoffets retensjon (\%)} = (\text{økning av næringsstoff} / \text{næringsstoff spist}) \times 100$ .
  - Økning av næringsstoff = næringsstoff i vev (NKS eller innvoller) ved slutt – næringsstoff i vev ved start.
  - Næringsstoff spist = Andel av fett eller fettsyre i fôret som er konsumert i perioden.
  - Slaktevekt og filetvekt (utbytte) ble benyttet for å kunne beregne retensjon av fett og fettsyrer i muskel og innvoller.
  - Retensjonen er beregnet på merdnivå.
- Ved beregning av nivå av fettsyrene i vev og fôr ble det benyttet en korrigeringsfaktor på 0.9 for å justere for at det er ca. 10 % glyserol i triacyl glyserolrike lipider.

## 4 Resultater

### 4.1 Vektutvikling og fôrutnyttelse

#### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

Vektutviklingen var ulik for laksen i Gruppene 1, 2 og 3 i Fase 1, slik forventet. Laksen som fikk standard laksefôr (34 % fett, Gruppe 1) hadde en gjennomsnittsvekt på 2,66 kg i august mens laksen som fikk det magre fôret (18 % fett, Gruppe 2) hadde en gjennomsnittsvekt på 2,51 kg (Figur 13). Det feitere fôret resulterte derved i en vektforskjell på 6 %. Laksen som fikk ½ rasjon av det magre fôret (Gruppe 3) var vesentlig mindre sammenlignet med de andre gruppene (1,88 kg). Ettersom vi målte vekten på samtlige fisk, kunne vi studere vektfordelingen mellom fisk innen samme fôrgruppe. Det var ønskelig at fiskevekten i merden skulle være normalfordelt. Dette er spesielt interessant for Gruppe 3, ettersom det er fare for at det oppstår store vektforskjeller i merden når fisken ikke får nok fôr. En slik to-toppet fordeling med vinnere og tapere var uønsket, ettersom fisken skulle fordeles jevnt i 12 nøter i august.

Resultatene viste at vi hadde oppnådd en fin normalfordeling innen alle de tre gruppene, slik det fremgår av Figur 14. Vi hadde dermed lyktes med å føre all fisken til metning ved hver fôring, også i nøtene der fisken fikk ½ rasjon. En sannsynlig årsak til dette er at fisken i Gruppe 3 fikk tildelt alt fôret på engang, heller enn å redusere størrelsen på hvert måltid.

I Fase 2, fra august til oktober var tilvekstfôrskjellene mellom gruppene betydelige. Laksen fra pre-diett Gruppe 3 hadde desidert høyest tilvekst, med en vekstfaktor på 4,3 i gjennomsnitt (Figur 15 og Figur 17). Tidvis må vekstfaktoren ha vært godt over 4,3 også. I denne perioden hadde pre-diett Gruppe 2 en gjennomsnittlig vekstfaktor på 3,4 mens laksen som hadde fått det feitere standardfôret våren 2011 (Gruppe 3) hadde lavest vekst (TGC 2,9). Vi hadde derved nådd målet om å produsere laks med svært ulikt vekstmønster gjennom tidlig høst.

Tilveksthastigheten for Gruppe 3 var høyest gjennom hele forsøket, mens Gruppe 1 hadde lavest veksthastighet. Fra oktober til mars var veksthastigheten ikke statistisk forskjellig mellom Gruppe 1 og Gruppe 2. I mars veide fisken 6,5–6,6 kg i gjennomsnitt. Det var ikke statistisk signifikant forskjell mellom gruppene. Derved hadde vi klart å produsere laks med samme slaktevekt, men med svært ulikt vekstmønster fra august–mars. Dette var vi veldig fornøyd med, også at veksthastigheten gjennom forsøket hadde overgått våre optimistiske prognoser.

Vektøkningen i perioden august–mars tilsvarte for

Gruppe 1: (34 % fett):	3.757 g
Gruppe 2: (18 % fett):	4.097 g
Gruppe 3: (18 % fett, ½ rasjon):	4.569 g

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

Tilveksten for enkeltfiskene gjennom hele forsøket i henholdsvis Gruppene 1, 2 og 3 er vist i Figur 15. Av figuren fremgår det at vekstkurven for Gruppe 1 var jevn gjennom forsøket, mens vekstkurven for Gruppe 3 hadde en slak stigning fra mai–august for så å stige bratt fra august til oktober. Det er normalt at fiskevekten varierer innen en merd. Noen fisk vil være større, mens andre har en lavere vekt enn gjennomsnittet. Det er interessant å bemerke at andelen fisk som ligger under gjennomsnittet/stagnerer vektmessig er størst for Gruppe 1 (flestepisk som var mindre enn 5 kilo). Det finnes ikke data på fôrfaktoren for hver av Gruppene 1, 2, 3 siden fôrfaktoren kun ble beregnet per merd. Fôrfaktoren var på 1,11 i gjennomsnitt.

### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+

Det var ikke forskjell mellom fôrgruppene i tilvekst, bortsett fra i perioden august–oktober, da Protein+ fôret hadde lavest tilvekst. En årsak kan være at overgangen til dette fôret var større enn for det andre fôret. Protein+ fôret ble coatet med protein-gelen, som medførte dannelse av et relativt hardt skall rundt pelleten. Tilveksten fra oktober–desember hadde antakelig vært høyere dersom vi hadde byttet fra 7 mm fôr til 9 mm fôr tidligere (fôrbyttet var i desember av praktiske årsaker).

Fôrfaktoren gjennom forsøket var på 1,11 i gjennomsnitt for alle gruppene. Det var ikke forskjell mellom fôrgruppene, bortsett fra i perioden oktober–desember da fôrfaktoren var noe høyere for Protein+ fôret (1,23) sammenlignet med Marin+ (1,19) og Kontroll fôret (1,10).

Laksen ble blankere i skinnet i løpet av forsøksperioden. Det var ikke forskjell mellom Gruppene 1, 2 eller 3, men i desember var laksen fra Protein+ gruppen blankere i skinnet sammenlignet med de andre fôrgruppene.

## Uttak oktober 2011

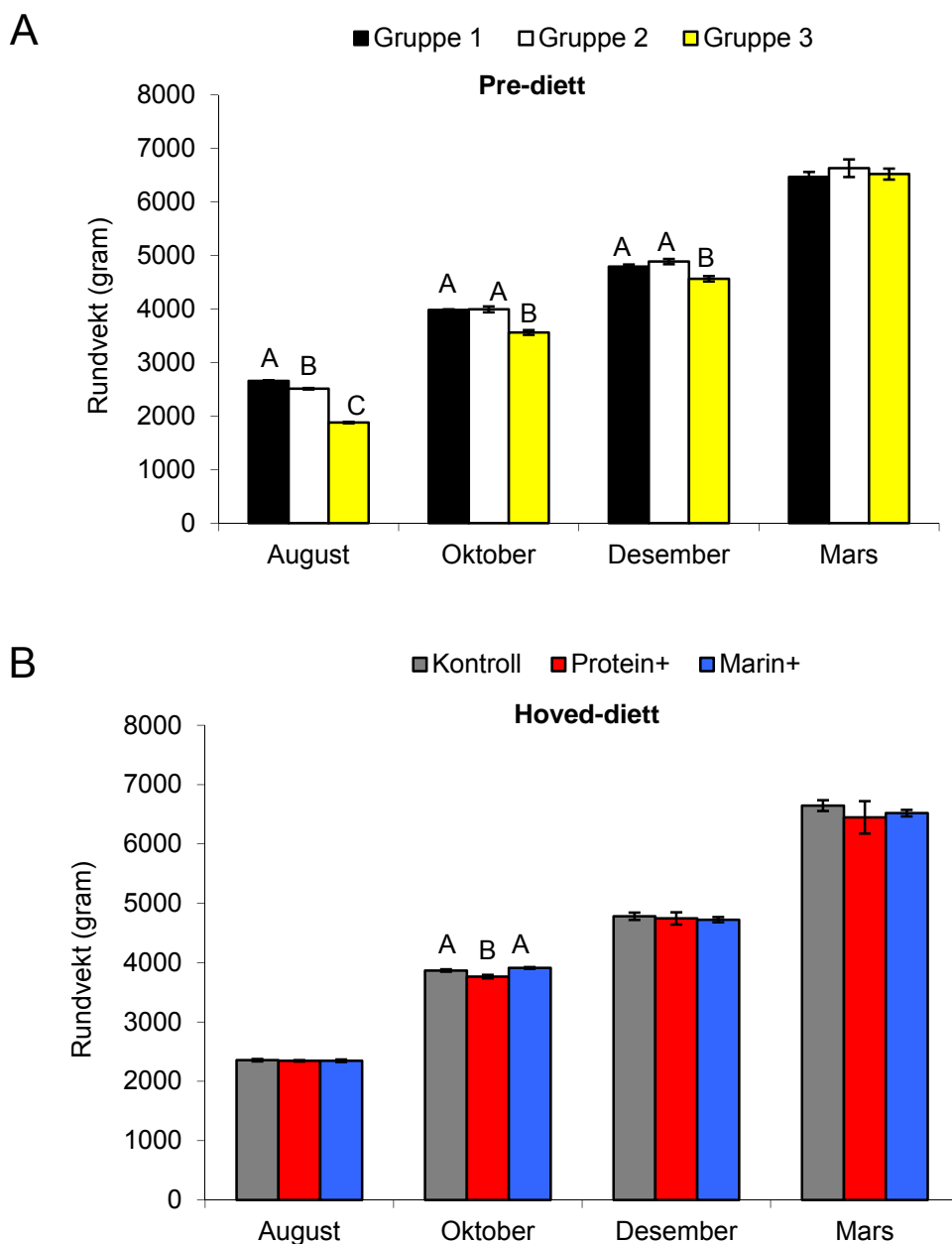
### Kroppsvekt

35% fett i pre-diet ⇒ 3.98 kg (+1.32 kg)

18% fett pre-diet ⇒ 4.00 kg (+1.53 kg)

- halv rasjon ⇒ 3.56 kg (+1.73 kg)

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

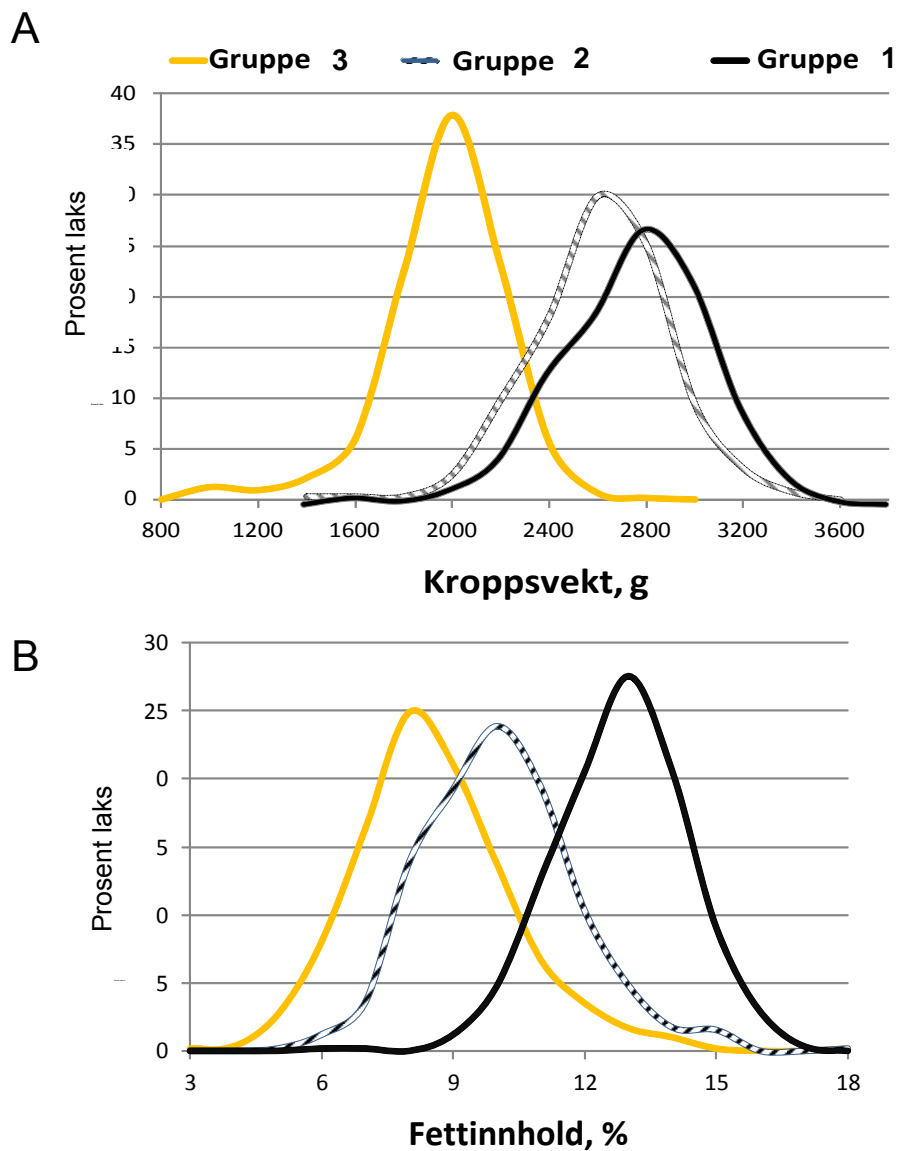


Figur 13 Vektutvikling for fisken i forsøket. Resultatene er basert på vektregistrering av samtlige fisk i hver merd. Ulike bokstaver over søylene viser statistisk signifikante forskjeller mellom gruppene innen hvert uttakstidspunkt

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

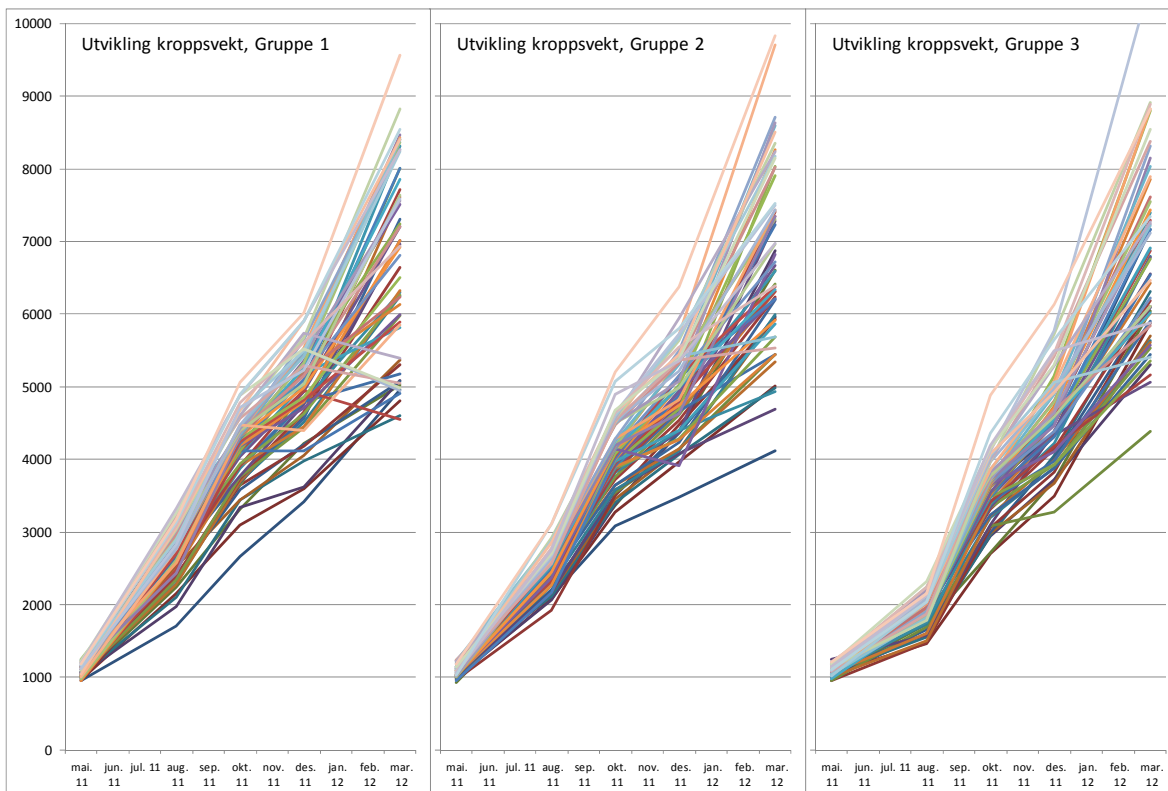
## Fiskegruppene som ble benyttet i forstudien

Figuren viser resultater fra analysene i august.



Figur 14 Kroppsvekt (A) og fettinnhold (B) i oppdrettslaks tildelt ulike fôr i perioden mai–august: Gruppe 1: Standard laksefôr med 34 % fett og fôring til metning; Gruppe 2: Fôr med 18 % fett og fôring til metning; Gruppe 3: Fôr med 18 % fett, fôring 50 % av full rasjon. Resultatene er vist for all fisk i nøtene, 650 fisk per gruppe

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

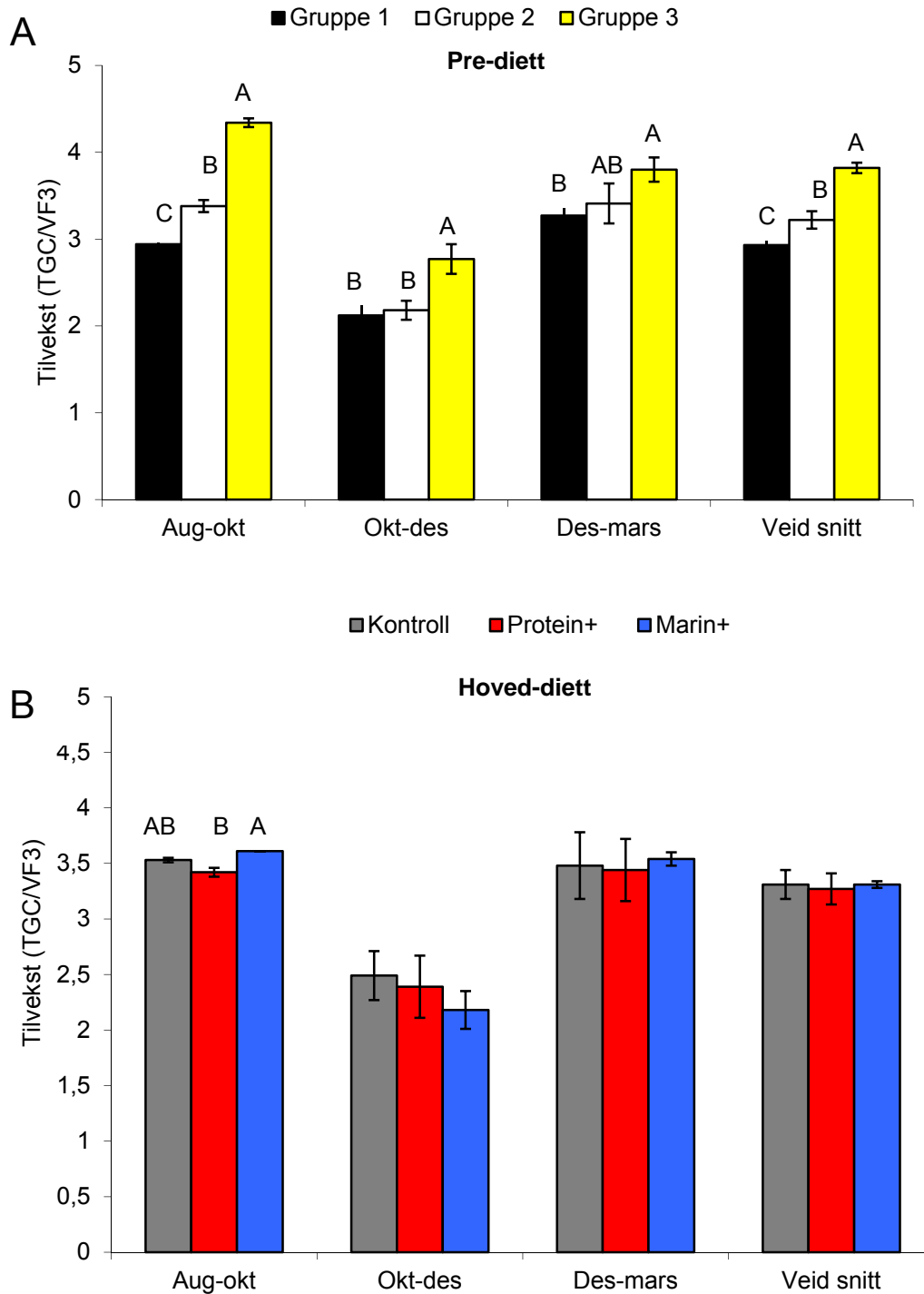


Figur 15 Vektutvikling for enkeltfisk fra mai 2011 til mars 2012. Resultatene er vist for henholdsvis Gruppe 1, Gruppe 2 og Gruppe 3



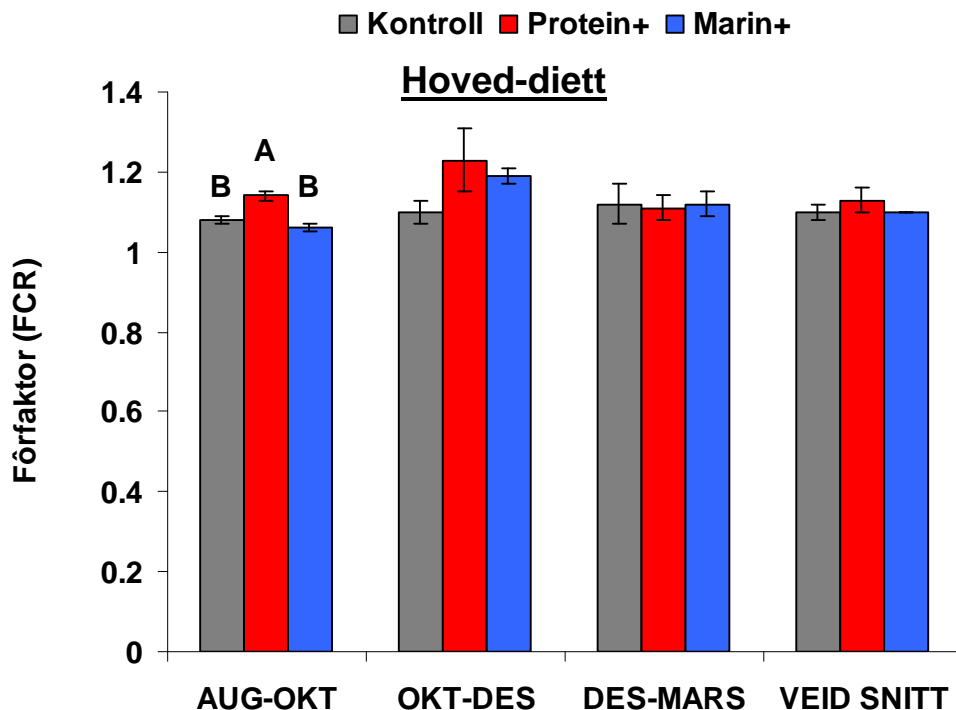
Figur 16 Håving av fisk over i bedøvelseskar og påfølgende PIT-tag lesing og registrering av rundvekt og lengde i august

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 17 Tilveksthastighet (TGC/VF3) for fisken i forsøket. Resultatene er basert på vektregistrering av samtlige fisk i hver merd. Ulike bokstaver over søylene viser statistisk signifikante forskjeller mellom gruppene innen hvert uttakstidspunkt

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 18 Fôrfaktor for de ulike fôr-gruppene fra august til mars. Ulike bokstaver over søylene viser statistisk signifikante forskjeller mellom gruppene innen hvert uttakstidspunkt

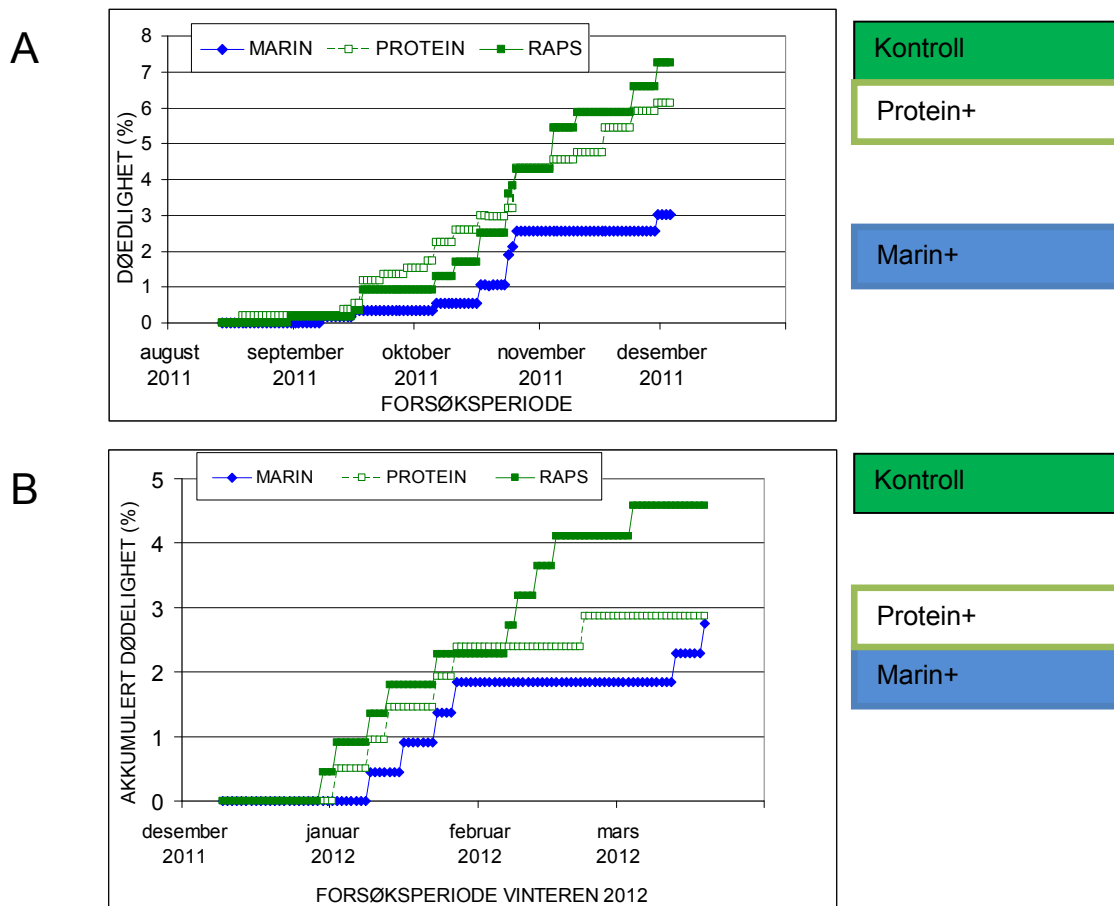
## 4.2 Dødelighet

Det ble tatt opp død fisk regelmessig og for all død fisk ble PIT-tag lest og frosset for eventuell senere undersøkelse. Det ble observert væske i bukhulen i død fisk, hvilket kan tyde på organsvikt.

Dødeligheten varierte fra 6 % (Marin+) til 11 % (Kontroll) gjennom hele forsøket. Dette er akseptabelt når man tar all handteringen av fisken i betraktning. Spesielt er det risikabelt med mye handtering av stor fisk. Grafene i Figur 19 viser at det også var noe dødelighet etter uttaket i oktober. Selv om dødelighetstallene er lave, er det interessant å merke seg forskjellene mellom fôrgruppene. Både i perioden august–desember (Fase 2) og i perioden desember–mars (Fase 3), var dødeligheten høyest for Kontroll og lavest for Marin+ gruppen. Resultatene er sikrest for Fase 2 da vi hadde et høyere antall fisk enn i Fase 3, men det kan se ut til at proteintilførselen til Kontroll fôret hadde en positiv effekt, spesielt i perioden da proteinnivået i Kontroll fôret var lavt (vinterperioden).

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3





Figur 19 Dødelighet for laksen i forsøket, vist for hoveddiettene Kontroll, Protein+ og Marin+. A. Utvikling i perioden august–desember (Fase 2), B: Utvikling for perioden desember–mars (Fase 3).

Prediett mai–august 2011		Hoveddiett august 2011–mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## 4.3 Organer

Det var en relativ tydelig forskjell mellom gruppene med hensyn til organsammenvoksinger, melanin i organer og melanin i bukvegg (Figur 20).

### 4.3.1 Sammenvoksinger

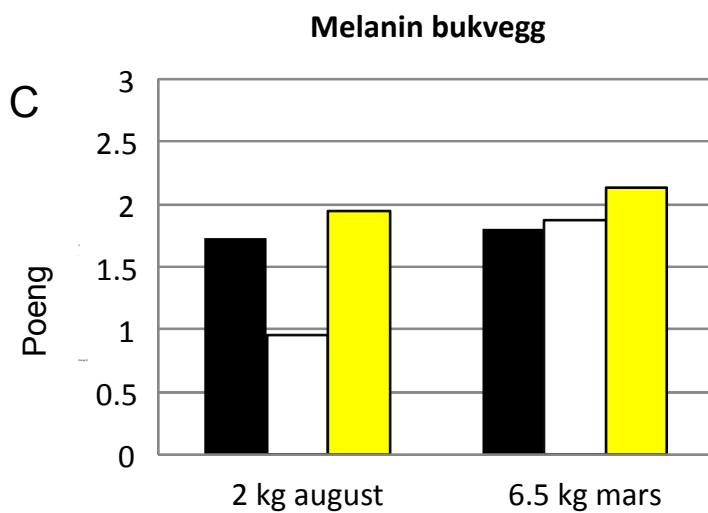
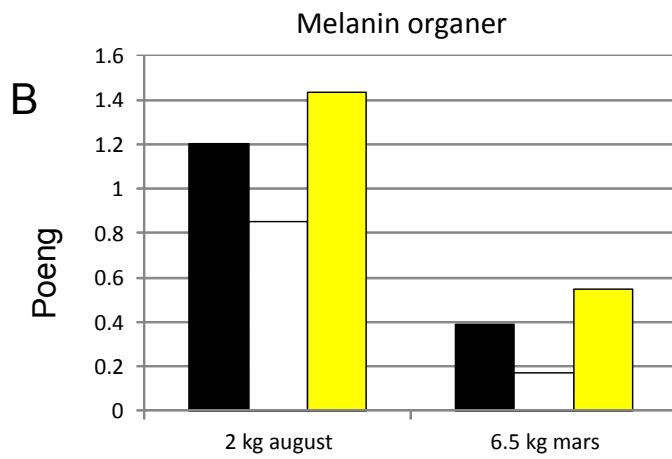
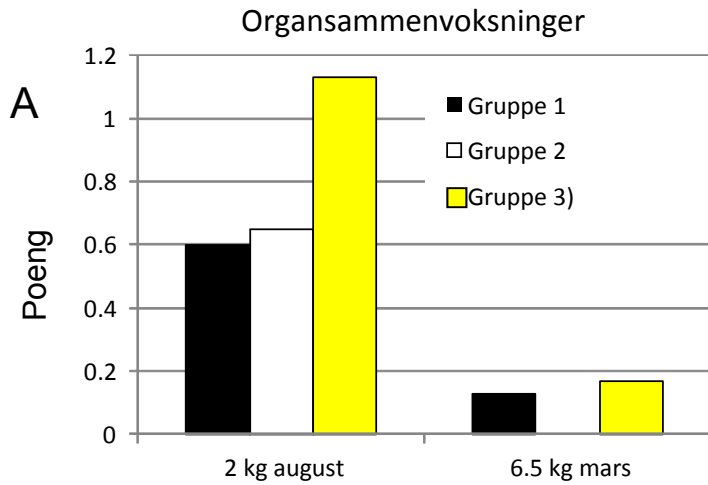
Organsammenvoksinger graderes visuelt etter en skala fra 0–6. I dette prosjektet var den maksimale scoren på sammenvoksinger på 1,2 i gjennomsnitt, og problemet var derved ubetydelig. Det er likevel interessant å bemerke at Gruppe 3 som fikk magert fôr, ½ rasjon fra mai–august, fikk nesten dobbelt så høy score for sammenvoksinger som Gruppe 1 og Gruppe 2 i august. Da laksen ble slaktet i mars hadde fisken så å si ikke sammenvoksinger. Det var en tydelig sammenheng mellom avtakende grad av sammenvoksinger av organer og kroppsstørrelse.

### 4.3.2 Melanin i organer og bukvegg

Melanin i organer ble bedømt etter en skala fra 0–3. Det vil si at graden av melanisering var generelt lav, i likhet med graden av sammenvoksinger. Graden av melanisering var lavest for laksen som fikk det magre fôret i perioden mai–august (Gruppe 2), både ved uttaket i august, desember (signifikant lavere for Gruppe 2 sammenlignet med Gruppe 1;  $P < 0,05$ ) og ved slakt i mars ( $P = 0,08$ ). Dette er interessante resultater som viser at både fôrsammensetting og fôring påvirker deponering av melanin i innvoller. Slike resultater er ikke vist tidligere. Graden av melanisering av innvoller avtok med fiskestørrelsen, som indikerer en "uttynning" – at den vesentlige deponeringen skjedde tidlig i laksens liv (<2kg) og at pigmenteringen ble mindre synlig etter hvert som laksen (og derved også innvollene) ble større (Figur 21)

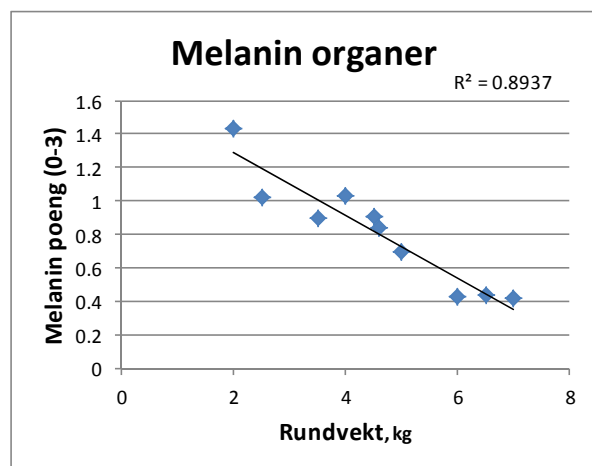
Melanin i bukvegg var lavest for laksen som fikk det magre fôret fra mai–august (Gruppe 2), sammenlignet med de andre gruppene ved samtlige uttak. I motsetning til sammenvoksinger av organer og melanin i innvoller, økte graden melanisering av bukhinnen med fiskestørrelsen. Frekvensen av mørke flekker i filet var veldig lav og det var for få individer som hadde mørke flekker til at det var mulig å kjøre sikre statistiske analyser. Likevel kan det bemerkes at laksen fra Gruppe 2 hadde minst flekker i filet ved samtlige uttak. Dette er interessante indikasjoner som tyder på at fôret kan ha betydning for mørkpigmentering av både bukvegg og filet, som fører til nedklassifisering (se Tabell 6 og Tabell 7).

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 20 Organsammenvoksnings, melanin i organer og melanin i bukvegg hos laks som fikk ulike fôr i perioden mai–august: Gruppe 1: pre-diett 34 % fett, Gruppe 2: pre-diett 18 % fett, Gruppe 3: pre-diett 18 % fett ½ rasjon.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 21 Sammenheng mellom melanindeponering i organer og fiskestørrelse

Tabell 6 Melanin i bukvegg i sløyd fisk fra Gruppene 1, 2 og 3

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	SEM
Melanin bukvegg				
Oktober	1,6	1,1	1,4	0,15
Desember	1,7a	1,4b	1,8a	0,02
Mars	2,0a	1,7b	2,0a	0,07

Det var noen statistisk sikre forskjeller i graden av mørkpigmentering av organer og bukvegg mellom fôrgruppene (hoveddiettene), men frekvensen av mørke flekker i filet var så lav at det ikke hadde noen hensikt å analysere resultatene ved statistisk analyse. Hovedtrenden i materialet var at laksen som fikk Kontroll fôret hadde mest mørkpigmentering ved uttaket i oktober, men ved uttakene i desember og mars var forskjellene mellom fôrgruppene ikke statistisk signifikante (Tabell 7). I desember var det imidlertid en sterk tendens til høyere score for melanin i bukvegg for Kontroll gruppen (1,73) sammenlignet med Protein+ gruppen (1,57;  $P = 0,08$ ).

Tabell 7 Melanin i bukvegg i sløyd fisk fra fôrgruppene Kontroll, Protein+, Marin+ og Marin-Kontroll

	Kontroll	Protein+	Marin+	Marin-Kontroll	SEM
Melanin i organer					
Oktober	1,35a	0,73b	0,80b		0,13
Desember	0,93	0,81	0,82		0,06
Mars	0,36	0,48	0,54	0,35	0,07
Melanin bukvegg					
Oktober	1,57a	1,31ab	1,23b		0,13
Desember	1,73	1,57	1,62		0,07
Mars	2,0	1,80	1,97	1,95	0,08

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

### 4.3.3 Utbytte

#### Pre-diett, Gruppe 1, 2, 3

Slakteutbytte varierte fra 89,0 % til 90,5 %. Det gjennomsnittlige utbyttet avtok gjennom forsøket, fra 90,4 % i oktober, 90,1 % i desember til 89,1 % i mars. I oktober var det ikke signifikant forskjell mellom gruppene, men i desember og mars var slakteutbyttet høyest for Gruppe 2 (ikke signifikant i mars). Resultatene viser at høyt proteininnhold i dietten om våren (da fisken veide fra 1–2,5kg) ga positivt utslag på slakteutbyttet ved slakting flere måneder senere (epigenitikk). Årsaken til det høyere slakteutbyttet i Gruppe 2 var mindre innvolls fett. Lav energistatus ved inngangen til høsten førte til høy fettakkumulering i innvollene (Gruppe 3).

Filetutbyttet var høyere for Gruppe 2 enn for Gruppe 1 ved alle uttakene (oktober, desember og mars). Det betyr at høyt proteinnivå i fôret om våren førte til økt muskelbygging selv om proteinnivået ble redusert senere (etter at fisken hadde passert 2,5 kg). Dette er interessante resultater som ikke er vist tidligere. Laksen som gikk inn i høsten med en lav energistatus (Gruppe 3), responderte ved å akkumulere store mengder innvolls fett. I desember var filetprosenten tilsvarende for Gruppe 3 og Gruppe 1 (laksen som fikk et standard laksefôr med 34 % fett fra mai–august). I mars var filetutbyttet for Gruppe 2 og Gruppe 3 høyere enn for Gruppe 1. Resultatene tyder på at høyt proteinnivå i dietten tidlig i laksens liv stimulerer muskelbygging, også etter at laksen får tildelt en mindre proteinrik diett (epigenitikk). At det er mulig å stimulere laksen til å bygge mer muskel (øke filetutbyttet) ved å gi den en proteinrik diett tidlig i livet er ikke dokumentert før.

Høyt proteininnhold i dietten om våren da laksefisken veide fra 1 – 2,5 kg ga:

- Økt slakteutbytte flere måneder senere
- Økt muskelbygging selv om proteinnivået ble redusert senere

Om det er mulig å stimulere laksen til å øke muskelbyggingen (filetutbyttet) ved å innføre en proteinrik diett ennå tidligere i fiskens liv, for eksempel i ferskvannsfasen, eventuelt hvor lang perioden bør være, er en interessant problemstilling å studere nærmere ettersom fileten er den best betalte delen av fisken. I vårt tilfelle var gevinsten på 0,6–0,7 % bedre filetutbytte ved å gi laksen et proteinrikt fôr våren før den skulle slaktes i desember (ved 4,5 kg) eller i mars (ved 6,5 kg).

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

Tabell 8 Utbytte for pre-diett Gruppe 1, Gruppe 2 og Gruppe 3

	Gruppe 1 Laks	Gruppe 2 Torsk 100	Gruppe 3 Torsk 50	SEM	P verdi
<b>Slakteprosent</b>					
Oktober	90,2	90,5	90,4	0,186	0,4140
Desember	90,1b	90,4a	89,7c	0,107	0,0003
Mars	89,0	89,4	89,0	0,16	0,1570
<b>Innvoller prosent</b>					
Oktober	8,8	8,4	8,5	0,1853	0,3501
Desember	8,9b	8,6c	9,2a	0,102	0,0007
Mars	9,9	9,5	9,7	0,170	0,2271
<b>Filetvekt, g</b>					
Oktober	1198,4	1218,1	1102,7	26,8	0,0083
Desember	1457,7b	1524,0a	1380,9c	18,3	<0,0001
Mars	2023,1	2087,1	2035,6	34,3	0,3780
<b>Filetprosent<sup>1</sup></b>					
Oktober	61,5b	62,9a	61,8b	0,29	0,0042
Desember	62,8b	63,4a	62,7b	0,19	0,0028
Mars	62,9b	63,6a	63,6a	0,20	0,0400

<sup>1</sup>Beregnet av kroppsvekt

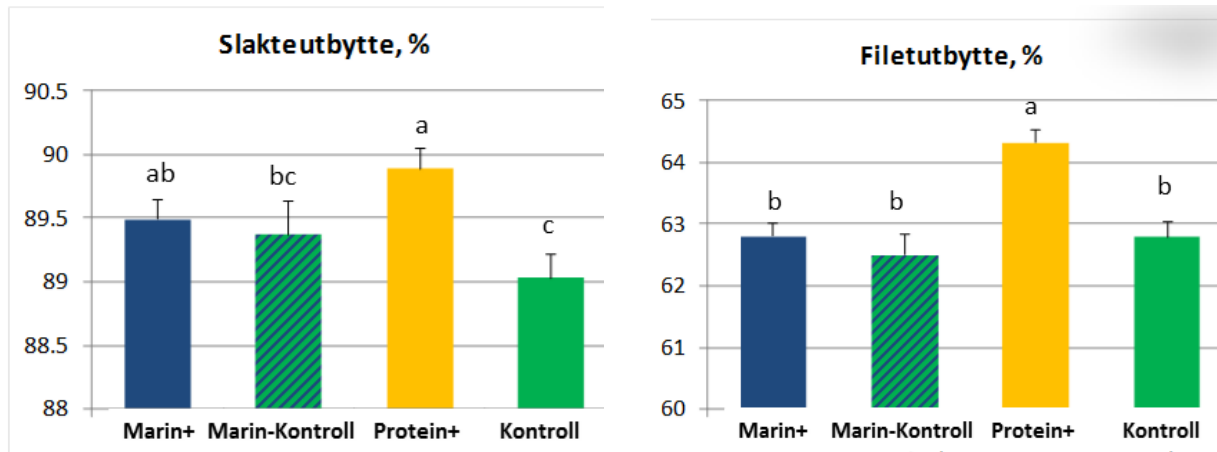
### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+ (Tabell 9 og Figur 22)

Slakteprosent var tilsvarende for alle fôrgruppene i oktober, men i desember hadde laksen som fikk Marin+ fôret 0,6–0,8 % lavere slakteutbytte enn de andre fôrgruppene. Det lavere slakteutbyttet var reflektert i en høyere mengde innvoller i denne gruppen. I mars var mønsteret mellom fôrgruppene endret. I mars var det Protein+ fôret som hadde signifikant høyere slakteutbytte enn Kontroll gruppen, og også laksen som fikk en endring i kosten fra det fôret med høyt nivå av marin olje til et fôr med mye rapsolje hadde lavere slakteutbytte. Resultatene tilsier at betydningen av oljesammensetningen i fôret har ulik effekt på fisken, avhengig av årstid, fôrsammensetningen eller avhengig av fiskestørrelse. I perioden august–desember fikk laksen et fôr med et betydelig høyere proteinnivå (41–43 %) sammenlignet nivået i fôret fra desember–mars (34–36 %). Ut fra dette forsøket klarer vi ikke å skille betydningen av proteinnivået i fôret, årstid og fiskestørrelse, men resultatene er interessante og peker på en problemstilling som bør undersøkes nærmere. Økt akkumulering av innvollsfett er ikke ønskelig og i dette prosjektet har vi pekt på faktorer som påvirker akkumulering av innvollsfett som krever ytterligere dokumentasjon.

Filetutbyttet viste ikke statistisk signifikante forskjeller mellom fôrgruppene i oktober, men det var en tendens til at Marin+ fôret ga en viss økning (0,7 % høyere filetutbytte). I desember var forskjellen enda mindre mellom fôrgruppene (0,2 % enheter), men i mars var forskjellen betydelig. Filetutbyttet beregnet som prosent av rundvekt var 0,6 % bedre for Protein+ gruppen sammenlignet med Kontroll gruppen som hadde omtrent samme filetutbytte som Marin+ gruppen. Filetutbyttet beregnet som prosent av sløyd vekt var 1,2 % bedre for Protein+ gruppen sammenlignet med Kontroll gruppen. Resultatene tyder på at det ikke var oljesammensetningen som førte til nedgangen i filetutbyttet, men at det heller var den

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

ekstra tilsetningen av proteiner som ga det positive utslaget. Som nevnt overfor var proteinnivået i Kontroll fôret redusert betydelig de siste 3 månedene før slakting i mars. Proteinene som var tilført fôret i Protein+ fôret var spesielt "gunstige" proteiner fra fiskeskinn. Om det er mulig å oppnå en tilsvarende gevinst i form av økt slakteutbytte og filetutbytte ved å øke fôrets proteininnhold med drøye 2 % er usikkert, men er absolutt en interessant problemstilling. Totaløkonomien er selvfølgelig også en viktig faktor å ta i betraktning; det vil si kostnaden ved å tilsette fôret ekstra proteiner i forhold til den økonomiske gevinsten ved økt slakteutbytte og økt filetutbytte. Ved en slik beregning må man også ta andre faktorer i betraktning, slik som redusert uspesifikk dødelighet og fiskevelferd.



Figur 22 Slakteutbytte og filetutbytte analysert i desember

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

Tabell 9 Utbytte for laksen fra fôringsforsøket (august 2011–mars 2012): Kontroll, Protein+, Marin+ og laksen som ble overført fra Marin+ til Kontroll føret fra desember–mars (Marin-Kontroll)

	Kontroll	Protein+	Marin+	Marin-Kontroll	SEM	P-verdi
<b>Slakteprosent</b>						
Oktober	90,4	90,2	90,4		0,19	0,7977
Desember	90,4a	90,2a	89,6b		0,10	<0,0001
Mars	88,9c	89,8a	89,4ab	89,3bc	0,2	0,0118
<b>Innvoller prosent</b>						
Oktober	8,6	8,6	8,5		0,18	0,9126
Desember	8,6b	8,7b	9,3a		0,10	<0,0001
Mars	10,1a	9,2b	9,7a	9,7ab	0,18	0,0030
<b>Filetvekt</b>						
Oktober	1156,4	1173,7	1202,6		25,9	0,6052
Desember	1452,57	1457,6	1449,9		19,03	0,9597
Mars	2051,7	2044,4	2035,9	2074,9	37,4	0,9415
<b>Filetprosent (BW)<sup>1</sup></b>						
Oktober	61,7	62,1	62,5		0,3	0,2924
Desember	63,1	62,9	62,9		0,16	0,4697
Mars	62,9b	64,5a	63,1b	62,7b	0,22	<0,0001
<b>Filetprosent (GW)<sup>2</sup></b>						
Oktober	68,3	68,8	69,2		0,3	0,1718
Desember	69,8	69,8	70,2		0,161	0,2155
Mars	70,8b	72,0a	70,7b	70,5b	0,2	<0,0001
<b>Fettscore innvoller</b>						
Oktober	3,8a	3,4b	3,6ab		0,1	0,1001
Desember	3,1b	2,9c	3,7a		0,04	<0,0001
Mars	4,7a	4,0bc	3,9c	4,6ab	0,09	<0,0001

<sup>1</sup> Beregnet fra rundvekt

<sup>2</sup> Beregnet fra sløydvekt

#### 4.3.4 Lever og hjerte

##### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

Levervekten som prosent av kroppsvekten var ikke signifikant forskjellig mellom gruppene i oktober, men i desember hadde Gruppe 3 signifikant større lever i prosent av kroppsvekten sammenlignet med Gruppe 1 og 2. I mars var gruppeforskjellene ikke statistisk signifikante, men den numeriske verdien for leverprosenten var høyest for Gruppe 3. Fargen på leveren ble bedømt etter en visuell skala med en inndeling i 5. Resultatene fra fargevurderingen viste at det var en tendens til at leveren i Gruppe 3 var blekere enn for de andre gruppene. Det var ikke forskjell mellom gruppene for parameterne: blødning i lever og skjoldet lever. Jernnivået kan påvirke leverfarge, men dette ble ikke analysert i forsøket.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



I oktober var hjertevekten som prosent av kroppsvekten signifikant større for gruppene som fikk det magre fôret (18 % fett) fra mai–august (Gruppene 1 og 2). I desember og mars var den relative hjertevekten fortsatt større for Gruppe 3 (magert fôr, ½ rasjon). Registreringene av fett deponert på overflaten av hjertet viste en tendens til mer fett på hjertet i Gruppe 3 i desember ( $P=0,12-0,13$ ). Registreringene av ulike avvik på hjertet viste ikke forskjell mellom Gruppene 1, 2 og 3.

Tabell 10 Lever og hjerte registreringer for Gruppe 1, Gruppe 2 og Gruppe 3

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	SEM	P verdi
<b>Levervekt, g</b>					
Oktober	38,6	39,1	36,8	0,94	0,1919
Desember	45,7ab	46,5a	44,5b	0,67	0,1162
Mars	70,6	71,9	72,1	1,6	0,7694
<b>Leverprosent</b>					
Oktober	0,99	1,00	1,03	0,01	0,1448
Desember	0,98b	0,97b	1,01a		0,0044
Mars	1,09	1,10	1,12	0,013	0,3850
<b>Hjertevekt, g</b>					
Oktober	3,55	3,77	3,48	0,1095	0,1533
Desember	4,17	4,24	4,11	0,06	0,3393
Mars	6,25	6,19	6,36	0,1239	0,6458
<b>Hjerteprosent</b>					
Oktober	0,0907b	0,0965a	0,09804a		0,0290
Desember	0,0899b	0,0883b	0,0935a	0,0009	0,0001
Mars	0,0969ab	0,0947b	0,0993a	0,0012	0,0296

### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+

Levervekten i prosent av kroppsvekten var lavest for Marin+ gruppen i mars, men det var ikke forskjell mellom gruppene ved de andre tidspunktene. Fargen på leveren fra Marin+ gruppen var betydelig mørkere sammenlignet med de andre gruppene i mars ( $P<0.0001$ ), og det samme, men noe mindre numeriske forskjeller ble observert mellom gruppene i desember ( $P<0.0001$ ). Laksen som fikk høy innblanding av rapsolje i fôret hadde skjoldet lever, men ekstra tilsetning av protein i fôret (Protein+) syntes å ha en forbedrende effekt. Frekvensen av blødninger i lever var høyest i gruppen som ble overført fra Marin+ fôret i desember til Kontroll fôret (Figur 24). Kun enkelte fisk hadde blødninger i lever ved uttakene i oktober og desember.

Marin+ gruppen hadde signifikant minst hjerte (prosent av kroppsvekten) ved uttaket i desember. Kontroll gruppen og gruppen som ble overført fra Marin+ fôr i desember til Kontroll fôr hadde mest synlig fett på overflaten av hjertet (Figur 25).

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

Tabell 11 Lever og hjerteregistreringer av fôrgruppene: Kontroll, Protein+, Marin+ og Marin-Kontroll

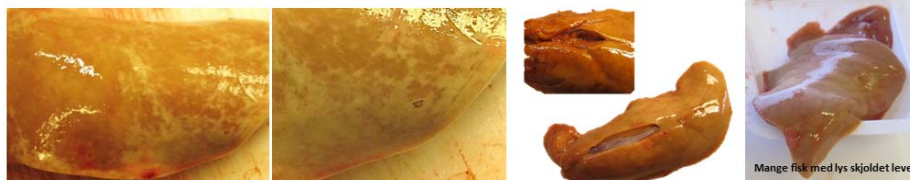
	Kontroll	Protein+	Marin+	Marin-Kontroll	SEM	P-verdi
<b>Levervekt, g</b>						
Oktober	37,8	38,9	37,8		0,95	0,6432
Desember	45,2	46,2	45,2		0,68	0,4991
Mars	73,7	71,4	68,5	73,6	1,8	0,1641
<b>Leverprosent</b>						
Oktober	1,01	1,03	0,99		0,015	0,2227
Desember	0,99	1,00	0,99		0,009	0,2181
Mars	1,12a	1,12a	1,06b	1,11a	0,014	0,0088
<b>Hjertevekt, g</b>						
Oktober	3,62	3,55	3,63		0,11	0,8746
Desember	4,20	4,24	4,07		0,06	0,1066
Mars	6,34	6,13	6,32	6,28	0,13	0,6795
<b>Hjerteprosent</b>						
Oktober	0,0968	0,0942	0,0945		0,002	0,6171
Desember	0,091a	0,092a	0,088b		0,0009	0,0107
Mars	0,0997	0,097	0,0980	0,0949	0,0013	0,6198
<b>Fett på overflaten av hjertet, % fisk</b>						
Oktober	0	0	0	0		
Desember	37,9a	24,5b	31,0ab		0,042	0,077
Mars	51,8a	20,1c	39,3b	57,9a	0,05	<0,0001

## Lever

- Vurdert
- leverstørrelse: % av kroppsvekt
  - utseende: 1) farge: lys 1 poeng, mellom brun 2 poeng, mørk brun 3 poeng  
2) skjoldet lever +/-
  - blødninger i lever: vurdert ved uttak av histologiske snitt +/-

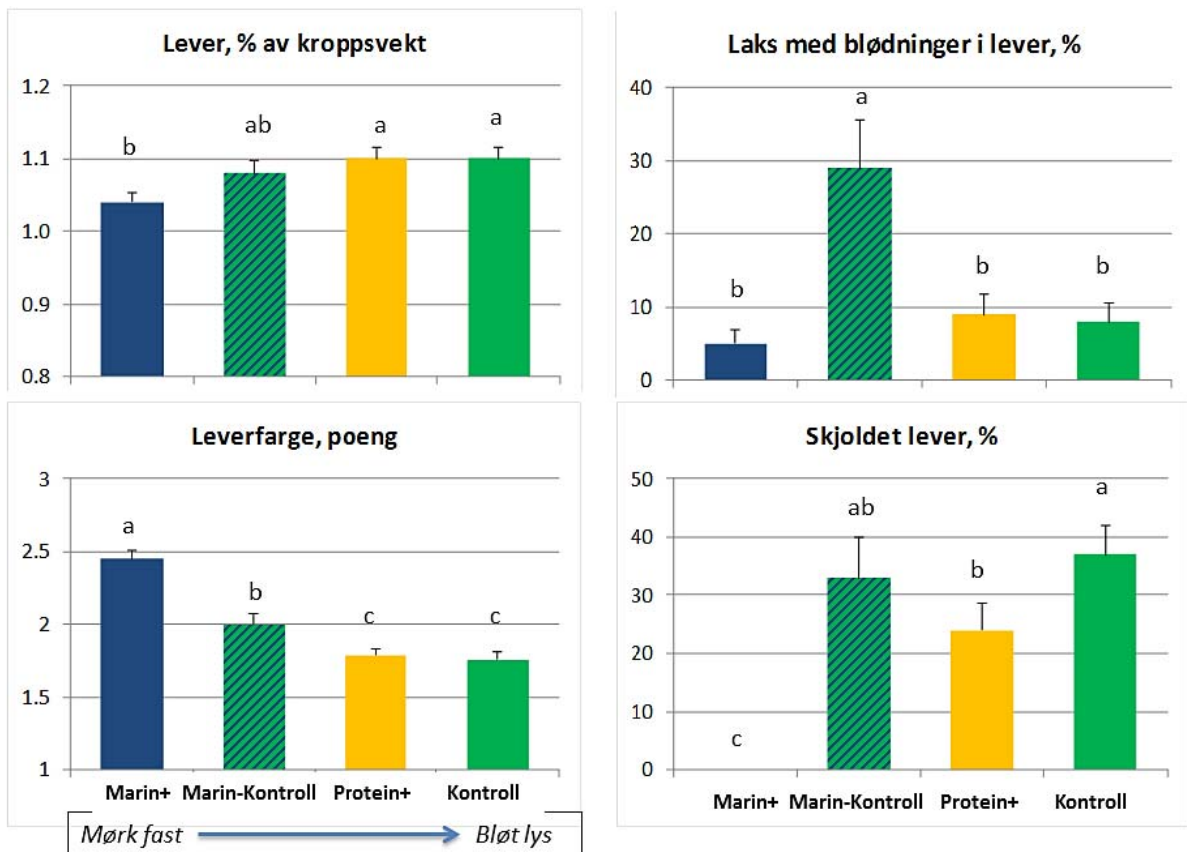


Avvik observert av lever fra Kontroll-gruppen

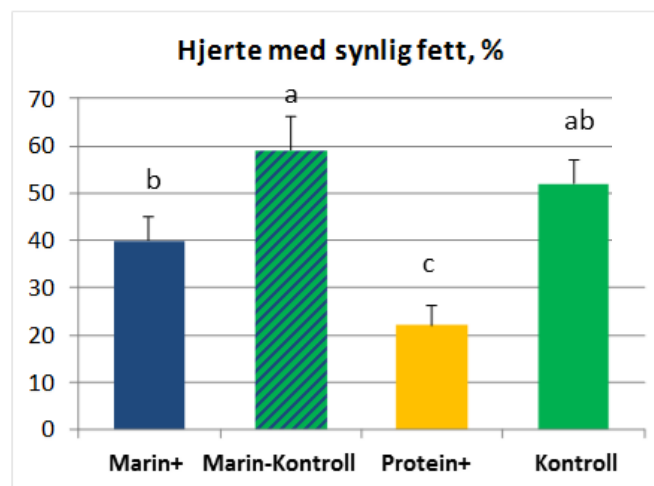


Figur 23 Leveranalyser

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 24 Registreringer av lever for forgruppene ved uttakene i mars



Figur 25 Laks med synlig fett på overflaten av hjertet ved uttaket i mars 2012. Andre avvik, spesielt (mest hos Kontrollgruppen):

- Væske i bukhulen (ascites) - Veske i bukhulen kan være en følge av leverskade
- Veske i svømmeblæren
- Veske i hjertehulrom (perikardialhulen)
- Observert væske i bukhulen i død fisk

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## 4.4 Fettinnhold og fettsyrer

### 4.4.1 Filet

#### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

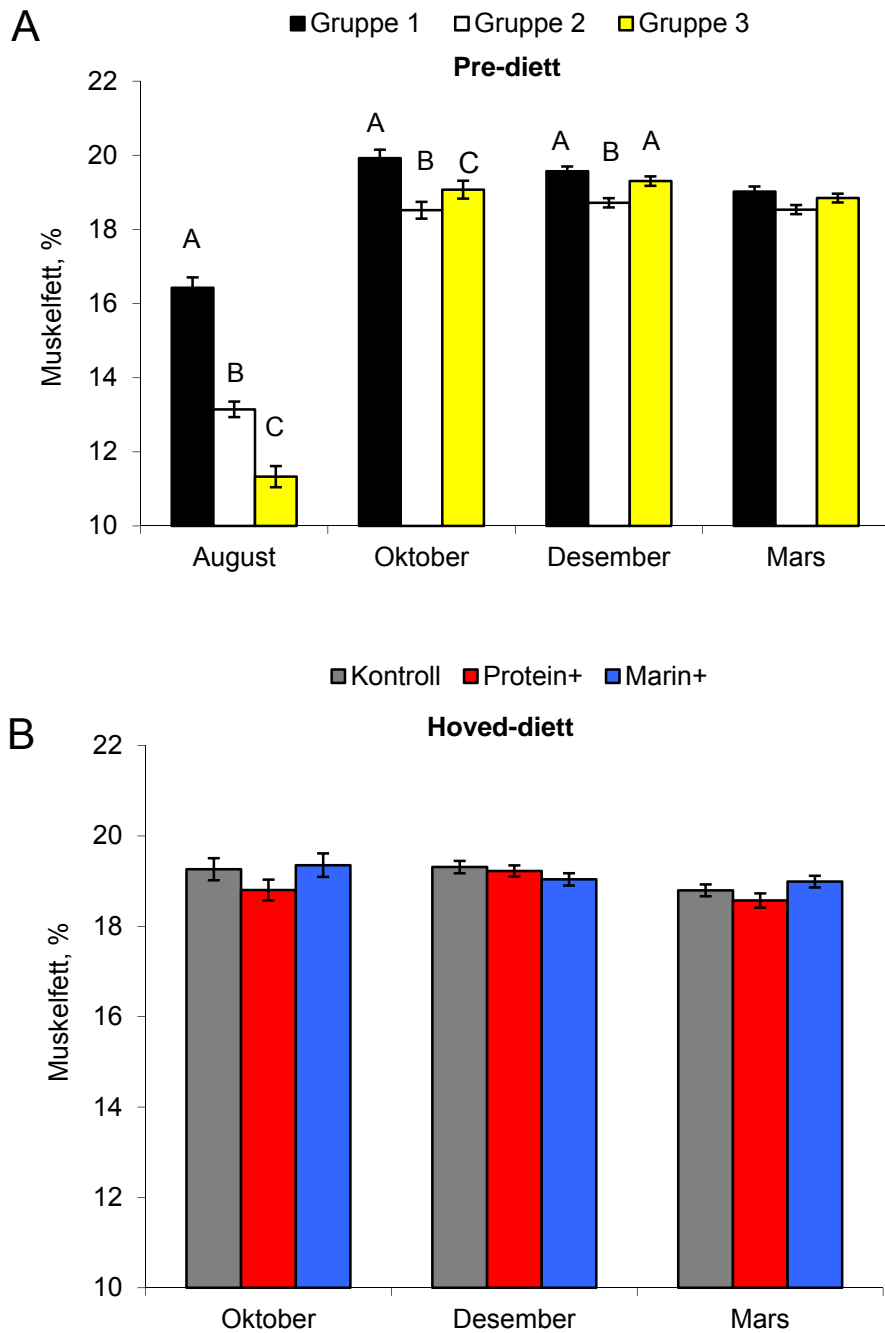
En av målsettingene i prosjektet var å produsere laks med ulik energistatus på sensommeren for å undersøke om det påvirket fettdeponeringen og tilveksten om høsten. Vi oppnådde denne målsettingen ved å gi laks tre ulike fôr med henholdsvis 34 % fett (Gruppe 1), 18 % fett (Gruppe 2) eller ½ rasjon av fôret med 18 % fett i perioden mai-august. I august hadde laksen i Gruppe 1 et fettnivå på 16,4 % i filet mens laksen i Gruppene 2 og 3 hadde et fettinnhold i filet på henholdsvis 13,2 % og 11,4 % fett. Laksen med lave fettdeponier (Gruppe 3) hadde en betydelig kompensasjonsvekst i løpet av høstmånedene med kraftig vekst og høy fettakkumulering i muskelen. Allerede i oktober var forskjellene mellom gruppene redusert. I mars var det ikke forskjell mellom gruppene (18,5–19 % fett).

Fettet i fileten gir saftighet til produktet og mye av smaken sitter også i fettene. Derved er det ønskelig med viss mengde fett i laksefileten, men i de fleste markeder er det ønskelig at fettene er jevnt marmorert i kjøttet heller enn å være lagret i synlige fettstriper mellom muskelsegmentene (spesielt i bukområdet). Det finnes ingen standardmetoder for å bedømme mengden synlig fett i filet, men i dette prosjektet målte vi bredden av fettstriper ved bruk av bildeanalyse. Derved fikk vi et objektivt mål på mengde synlig fett i fileten. Resultatene fra bildeanalysene ble sammenholdt mot visuell bedømmelse av synlig fett. Vi fant godt samsvar mellom de visuelle og de fotometriske bedømmelsene (Figur 28). Resultatene viste at mengden synlig fett var betydelig høyere i Gruppe 1 i oktober. Det var som forventet. Vi ble i midlertid noe overrasket over at dette mønsteret holdt seg gjennom forsøket.

#### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+

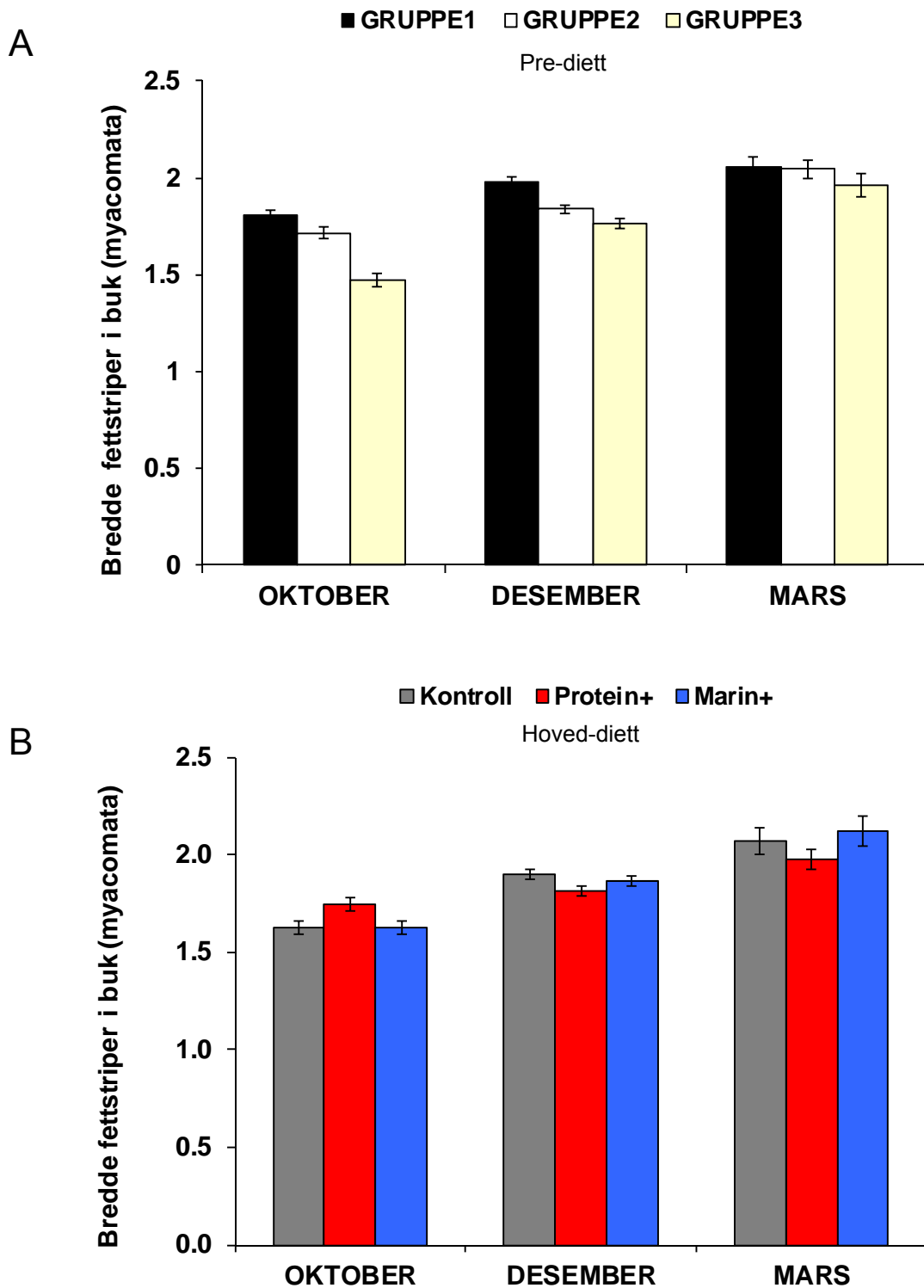
Det var ingen åpenbare forskjeller i fettinnhold mellom gruppene som var fôret med de ulike hoveddiettene. I oktober og mars så det ut til at laksen som fikk Protein+ fôret hadde noe lavere fettinnhold, men forskjellene var ikke signifikante. Det som imidlertid så ut til å kunne ha betydning var stress ved håndtering. I oktoberuttaket ble halvparten av fisken analysert (blokk 1). Fisken som ble håndtert hadde tilsynelatende noe økt fettakkumulering i den påfølgende perioden frem til desemberuttaket. Økt fettakkumulering som følge av stresspåvirkning bør i fremtidige forsøk undersøkes nærmere for verifisering. Det var en tendens til at mengden synlig fett var lavere for Protein+ gruppen (fettstriper; Figur 27B), selv om forskjellene mellom gruppene ikke var statistisk signifikante.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



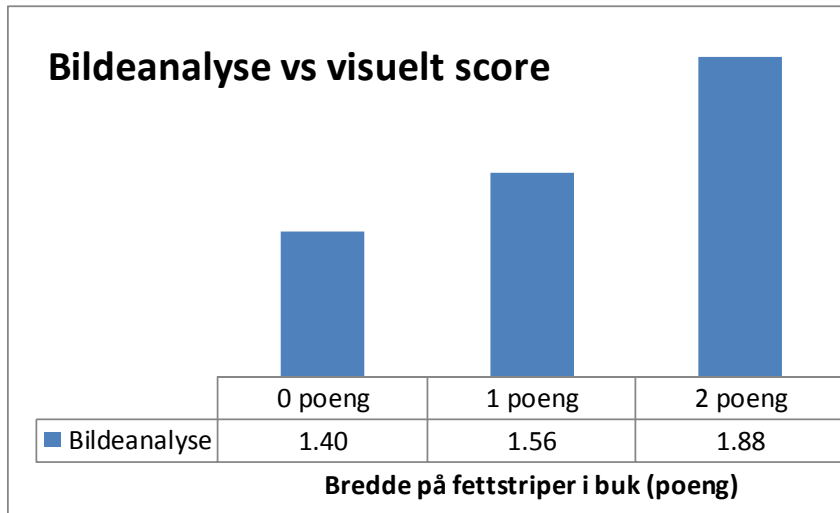
Figur 26 Utvikling i fettinnhold i muskel (NKS) A) pre-diett gruppene og B) laksen som fikk tildelt de ulike hoveddiettene – Ulike bokstaver over søylene viser statistisk signifikante forskjeller mellom gruppene innen hvert uttakstidspunkt

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

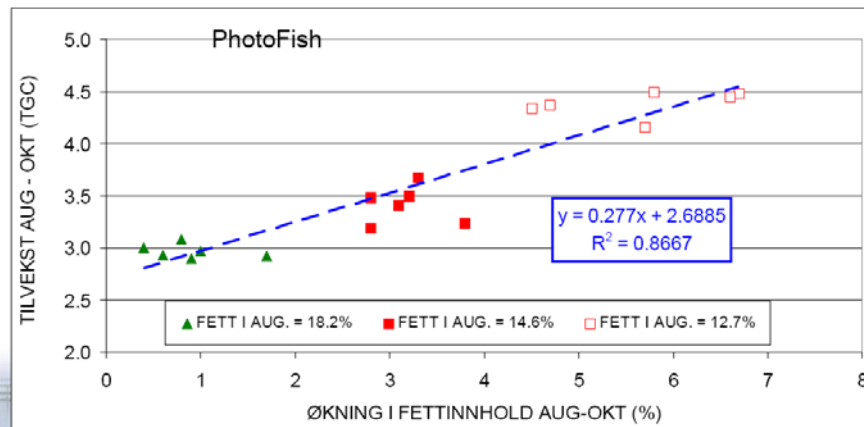


Figur 27 Bredden av fettstriper målt ved bildeanalyse i bukområdet av filetene. A) pre-diett gruppene og B) laksen som fikk tildelt de ulike hoveddiettene

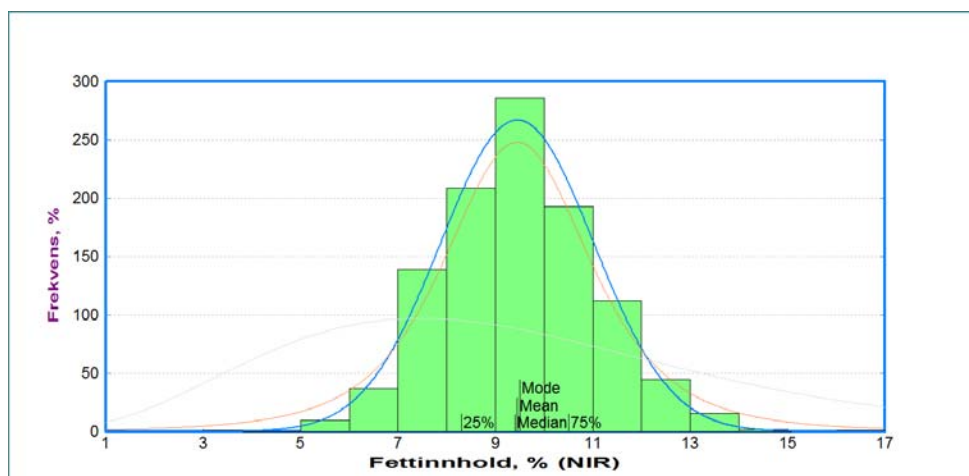
Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 28 Analyse av synlig fett (fettstriper) i filet ved bruk av henholdsvis bildeanalyse og visuell vurdering (score 0, 1, 2)



Figur 29 Fettinnhold i laksen på sensommeren "styrer" fettakkumulering og vekst om høsten



Figur 30 Fettfordeling for all fisk i forsøket i desember (NIR analyse)

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## EPA og DHA i filet

Knapphet og høye priser på marint førråstoff gjør at forbruket av marine føroljer må holdes på et lavt og bærekraftig nivå og at alternative råvarer må blandes inn i lakseføret. En konsekvens av å blande inn planteoljer i føret er at omega-3-nivået i laksekjøttet avtar. Det finnes mange typer omega-3 fettsyrer, men det er spesielt omega-3 fettsyrer av den marine typen som har fått mest fokus på grunn av deres positive helseeffekter. Blant de marine omega-3 fettsyrene som har fått aller mest fokus er **EPA** og **DHA**. Derfor har vi hatt spesielt fokus på disse fettsyrene i dette prosjektet. Fettsyren **DPA** (okosapenaensyre) er en fettsyre som sjelden tas i betraktning når nivået av marint omega-3 fett oppgis. Vi har likevel valgt å ta med DPA i retensjonsberegningene (Figur 32, side 45), siden det etter vår oppfatning gir et bedre totalbilde av utnyttelsen av det marine omega-3 fett fra føret. DPA kan betraktes som et mellomprodukt, mellom EPA og DHA.

Det er kjent at laks deponerer mye fett om høsten, og en slik fettdeponering så vi også i dette prosjektet. Etersom laksen synes å være "programmert" til å lagre fett om høsten, heller enn å bruke fett til energi, ønsket vi å undersøke om det er mulig å "anrike" laksemuskelen med de sunne langkjedede marine fettsyrene (EPA, DPA, DHA) ved å gi fisken et fôr basert på høy mengde av disse om høsten (oljekilde i føret var 70 % Sør-Amerikansk fiskeolje og 30 % rapsolje).

Resultatene var over forventning. Fettsyreanalysene av muskelen viste at mengden EPA og DHA økte betydelig (55 %) i laksen som fikk fôr med et høyt nivå av EPA og DHA (Marin+ fôr) fra august-oktober, og det gledelige var at disse fettsyrene kun viste en svak nedgang når fisken gikk over på et fôr med lavt nivå av EPA og DHA (70 % rapsolje og 30 % Sør-Amerikansk fiskeolje, Kontroll fôr). Selv fem måneder senere, ved slakt i mars, var mengden EPA+DHA 33 % høyere i laksen som fikk høy innblanding av EPA+DHA om høsten (Figur 31). Resultatene viste derved et spesielt høyt utbytte av marine omega-3 fettsyrer i løpet av høstmånedene.

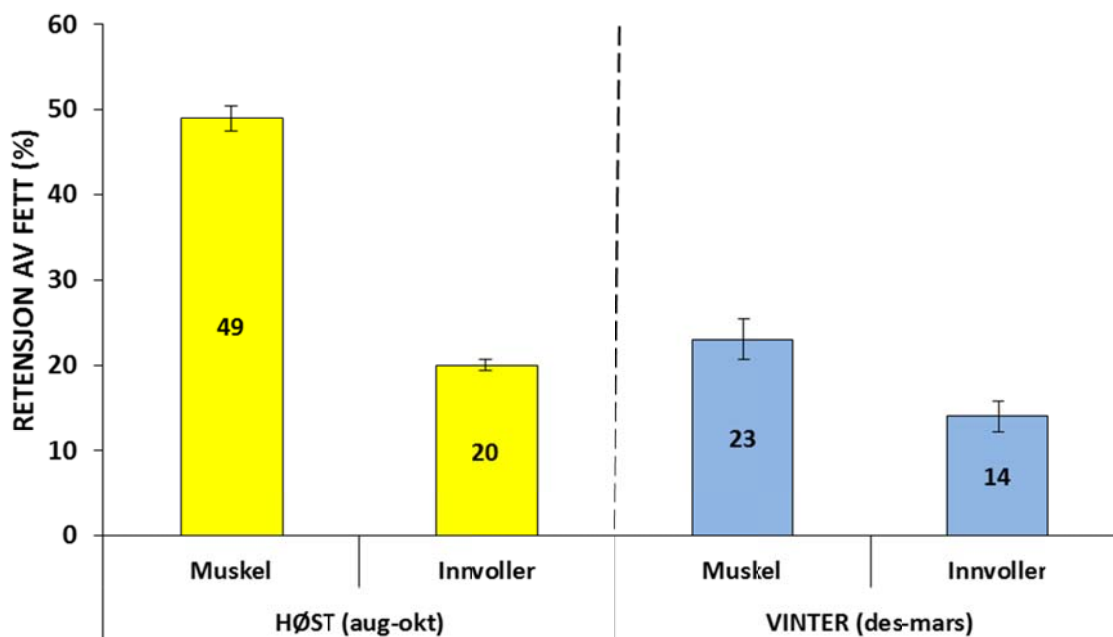
En årsak til at akkurat august-oktober kan være spesielt gunstig med hensyn til omega-3-utbyttet er den høye fettretensjonen i denne perioden. Vi kjenner ikke til de underliggende mekanismene for den høye retensjonen av fett i denne perioden, men det er ingen tvil om at laksen har ulike prioriteringer gjennom året med hensyn til utnyttelse av ulike næringskomponenter (fett, protein, karbohydrater) til energiproduksjon, henholdsvis lagring. Høsten er derved en periode der laksen prioriterer å bygge opp fettlagrene og konservere disse. I dette prosjektet undersøkte vi perioden august-oktober, men det er også mulig at denne perioden kan forkortes, eventuelt forskyves noe for å ytterligere optimalisere utbyttet av omega-3-fettet. Av Figur 31 fremgår at fettretensjonen i muskelen var dobbelt så høy i perioden august-oktober (48 %) som i perioden desember-mars (24 %). Retensjonen av EPA+DHA i muskelen var på henholdsvis 38 % og 29 % for de samme periodene (Figur 32). Retensjonsberegninger i filet *per se* peker på viktigheten av å tilpasse førsammensettingen etter de biologiske mekanismene i laksen. Vi har bare så vidt begynt å forstå kompleksiteten av disse, og en enda dypere forståelse av de mekanismene som styrer utnyttelsen av næringsstoffene gjennom året og i forhold til miljøvariasjoner som laksen lever under vil gjøre

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



oss i stand til å komponere førseddelen til laksen på en mer dynamisk, bærekraftig og kostnadseffektiv måte.

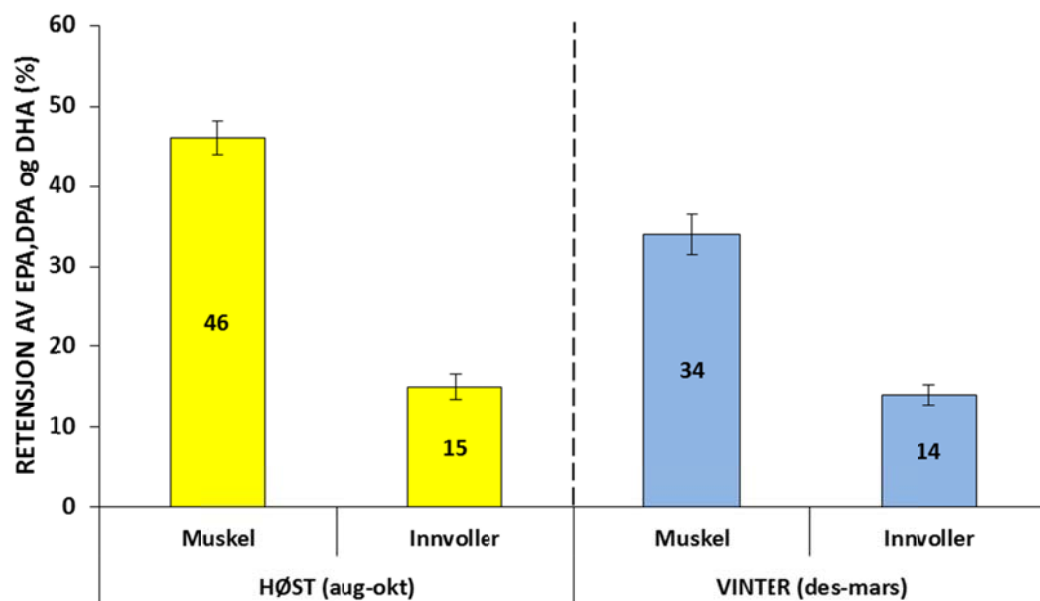
Retensjon av fett og fettsyrer blir ofte referert til som lipid productive value (LPV), og de gitte verdiene for retensjon av fett og fettsyrer (EPA, DPA og DHA) kan inkludere laksens egen produksjon av de marine omega-3 fettsyrene. Ifølge Nofimas ressursrapport (Ytrestøyl m.fl. 2011), er retensjonen av EPA og DHA ca 58 % i hel kropp og cirka 26 % i filet.



Figur 31 Beregnet retensjon av fett i laksemuskel (Norsk kvalitetssnitt) og innvoller (fratrukket lever og hjerte) for perioden august–oktober og for perioden desember–mars. Resultatene er vist som gjennomsnitt for førgruppene Kontroll og Marin+. Merd ble benyttet som enhet for beregningene av retensjonen ettersom førforbruket ble målt på merdbasis; det vil si at retensjonen er beregnet som gjennomsnittet for Gruppene 1, 2, 3

Retensjonen av fett i innvollene var betydelig lavere enn retensjonen i filet. For perioden august–oktober var retensjonen på 20 % i innvollene mens retensjonen i filet var på hele 49 %. De tilsvarende verdiene for perioden desember–mars var på 14 % og 23 %. Den samlede retensjonen av fett i filet + innvoller var derved på 68 % om høsten og 38 % om våren. Resultatene viser at retensjonen av fett varierer betydelig både mellom årstider og mellom ulike vev i laksen. De totale verdiene for retensjonen av fett er i samsvar med tidligere rapporterte retensjonsverdier for oppdrettslaks (Alne m.fl., 2010).

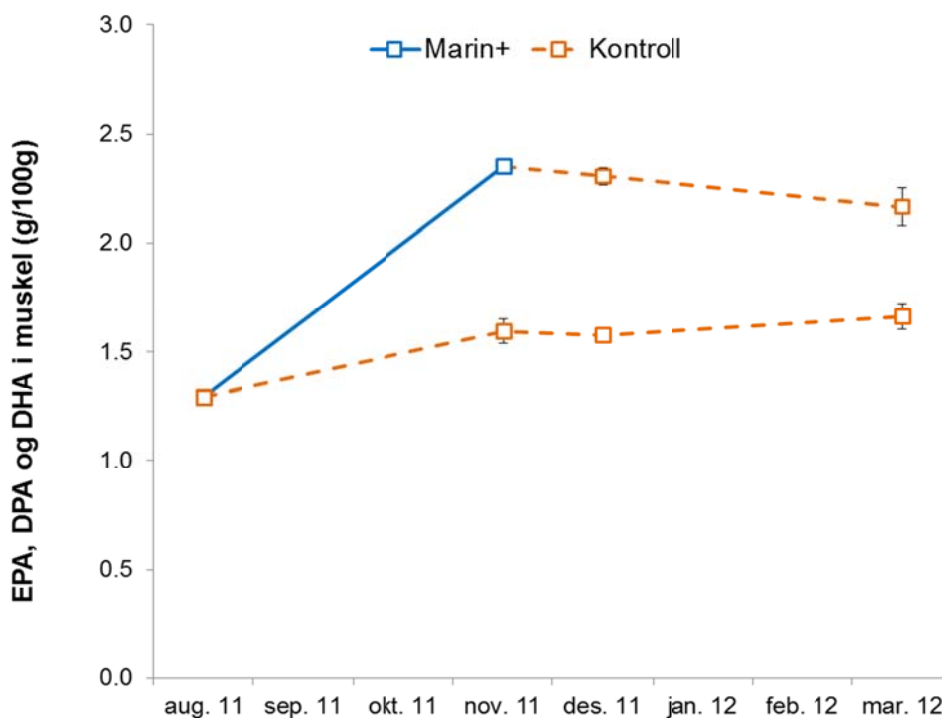
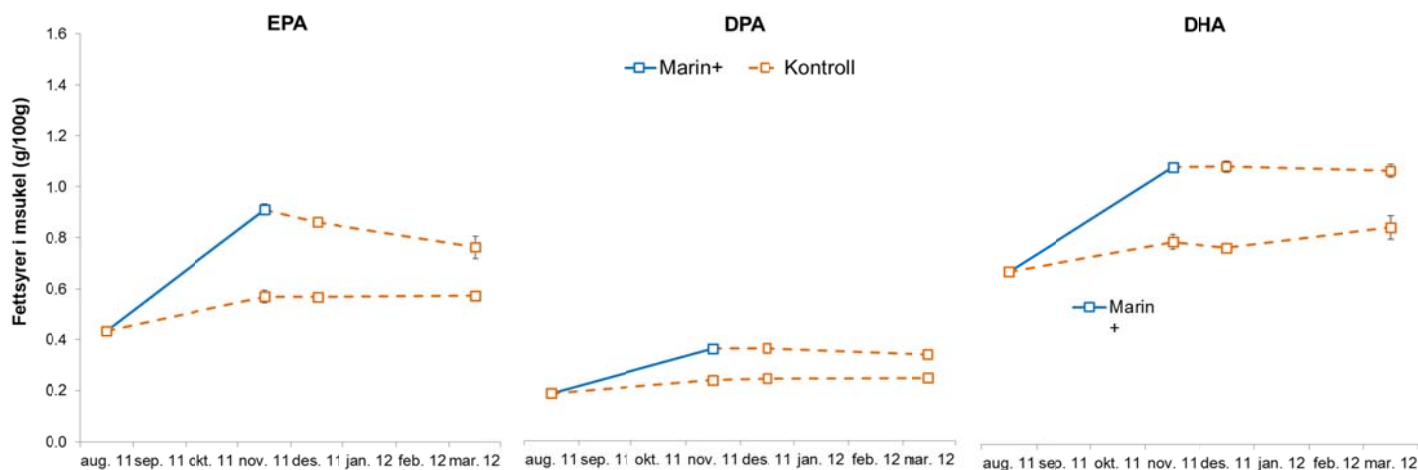
Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 32 Beregnet retensjon av EPA, DPA og DHA i laksemuskel (Norsk kvalitetsnitt) og innvoller (fratrukket lever og hjerte) for perioden august–oktober og for perioden desember–mars. Resultatene er vist som gjennomsnitt for fôrgruppene Kontroll og Marin+. Merd ble benyttet som enhet for beregningene av retensjonen ettersom fôrforbruket ble målt på merdbasis; det vil si at retensjonen er beregnet som gjennomsnittet for Gruppene 1, 2, 3

Det generelle innholdet av EPA, DPA, DHA i fileten lå over 1,3 g/100 g i all fisk både i desember og i mars da laksen har nådd slaktevekt (>4 kg) (Figur 33). Det betyr at all fisk, uansett fôrsammensetting, er en utmerket kilde for det sunne omega-3 fettst, selv når den får et fôr der 70 % av fôroljen kommer fra raps. Dagens oppdrettslaks er fremdeles blant de beste kildene til å dekke et daglig inntak av fettsyrene EPA og DHA på 0,25 gram, som EUs mattrygghetsorgan anbefaler for friske folk for å beskytte mot hjerte- og karsykdommer.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 33 EPA+DHA (g/100g) i laksemuskel (NKS). I perioden august–oktober fikk laksen fôr med høyt (70 %) nivå av marine oljer (Marin+) eller Kontroll fôr (30 % marin olje og 70 % rapsolje). Fra oktober–mars fikk all fisken Kontroll fôr. Fettsyreanalysene er vist for Gruppe 1 som er laks sammenlignbar med dagens kommersielle laks.

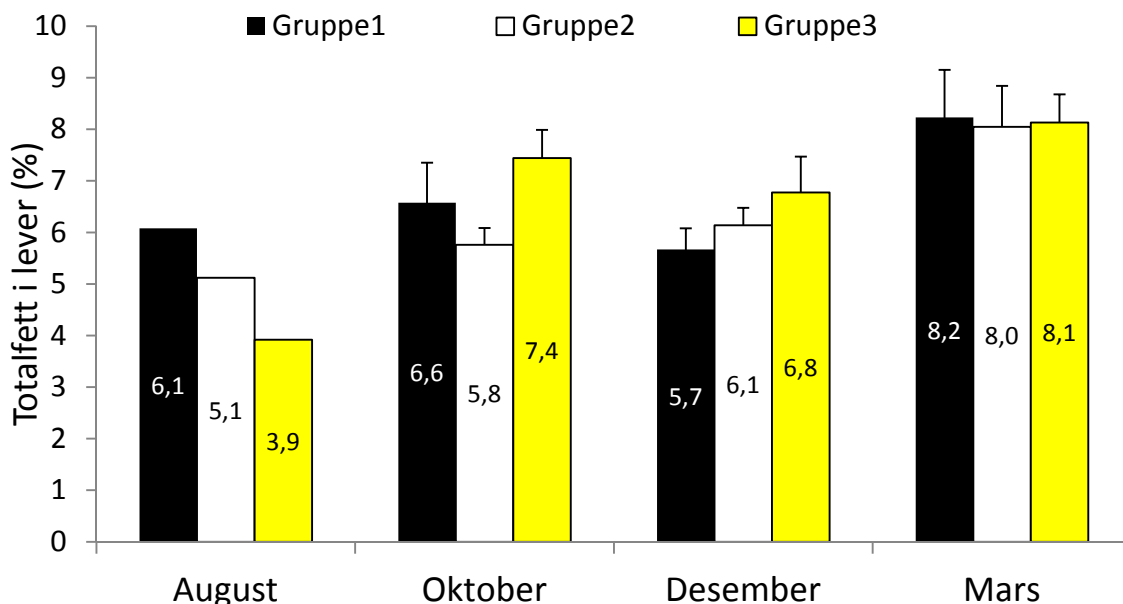
### Sesongfôring kan øke omega-3 utnyttelsen

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## Lever

### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

Fettinnholdet i leveren i laksen fra de ulike pre-diett gruppene varierte signifikant i august. Laksen som fikk det feiteste fôret hadde det høyeste fettinnholdet i leveren (6,1 %) mens laksen som fikk ½ rasjon av det magre fôret hadde lavest fettinnhold (3,9 %). Da den magreste laksen fikk tilgang på ubegrenset fôr med et relativt høyt fettinnhold, responderte den med å øke fettnivået i leveren markant, fra 3,9 % til 7,4 % (3,5 %-enheter). For de andre gruppene (Gruppe 1 og Gruppe 2) var fettøkningen fra august til oktober på 0,5 til 0,7 % enheter. I desember var fettnivået i leveren i Gruppe 3 fortsatt høyere enn fettnivået i leveren i Gruppe 1 og 2. Det er også interessant å bemerke at rangeringen av gruppene var omvendt sammenlignet med rangeringen mellom gruppene i august, med laveste nivået i Gruppe 1 og høyest i Gruppe 3. I mars var fettinnholdet i leveren tilsvarende for alle gruppene (8–8,2 %). Fettinnholdet i leveren viste derved en annen utvikling enn den i muskelen (Figur 26).

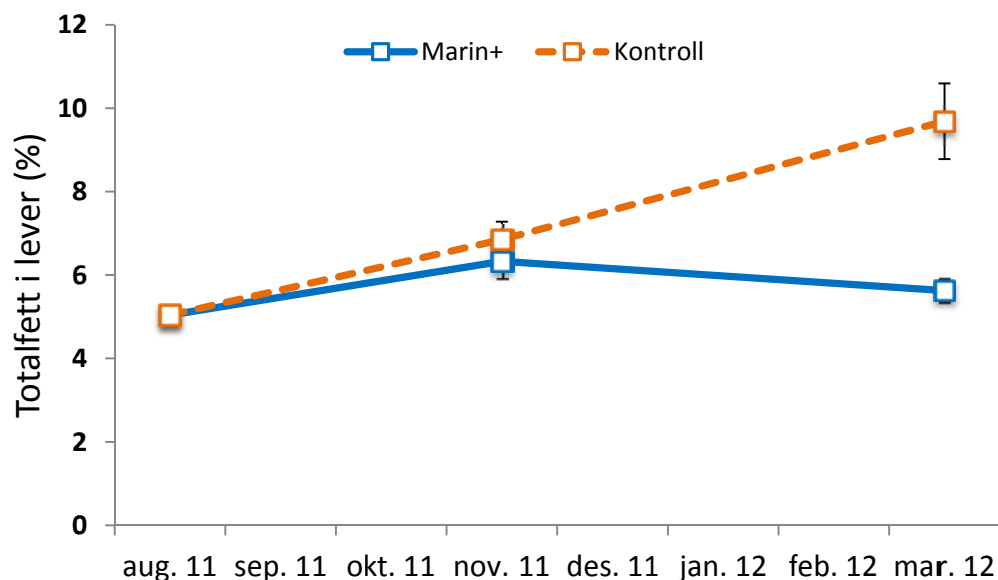


Figur 34 Fettinnhold i lever for laksen i forsøket, vist i forhold til pre-diett gruppene: Gruppe 1: Fôr med 34 % fett og fôring til metning; Gruppe 2: Fôr med 18 % fett og fôring til metning; Gruppe 3: Fôr med 18 % fett, fôring 50 % av full rasjon i perioden mai–august

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+

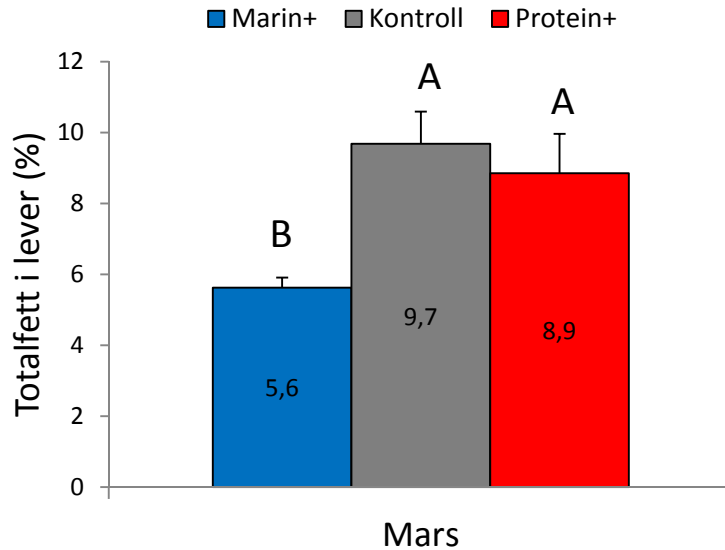
Leveren er et metabolsk aktivt organ, og det er derved ikke overraskende at fôringsregime og fôrsammensetting hadde en annen og større effekt på leveren enn på fileten. Tidligere undersøkelser med laks har vist at måten fett lagres på påvirkes av fettkilden i fôret. Blant annet er det vist at rapsolje fører til deponering av større fettdråper i cellene enn marin olje. Vi har imidlertid ikke kjennskap til at man i tidligere undersøkelser har sett en slik betydelig økt fettdeponering i lever i stor laks etter fôring med høyt nivå av rapsolje.



Figur 35 Fettinnhold i lever av laks fôret med henholdsvis høyt nivå av marin olje (70 % av fôroljen; Marin+) eller fôr med høyt nivå av rapsolje (70 % rapsolje, Kontroll) i perioden august 2011 til mars 2013 (Gruppe 1)

Den mest tydelige og oppsiktsvekkende forskjellen mellom fôrgruppene Kontroll og Marin+ var den markante fettøkningen i leveren i Kontroll gruppen fra desember til mars. Fettøkningen i Kontroll gruppen var sammenfallende med den bleke fargen og det skjoldete utseendet som ble observert ved uttaket i mars (Figur 23 og Figur 24), og tilsier at høyt nivå av rapsolje i fôret gjennom vinteren førte til at laksen utviklet fettlever. Dette er uheldig, da fettlever kan føre til funksjonssvikt og helseproblemer. Ekstra tilsetning av proteiner (Protein+) i det rapsoljebaserte fôret (Kontroll) viste en tendens til forbedring (Figur 366). Om det er ugunstig med høyt nivå av rapsolje og samtidig et lavt proteinnivå, lav vanntemperatur eller om andre sammenfallende faktorer gir uheldig utvikling av fettlever krever verifisering. Det er imidlertid interessant at de negative effektene av rapsolje ble observert sent i vekstperioden hos laksen, og tilsier at det er behov for mer kunnskap om grunnleggende biologiske mekanismer som grunnlag for å tilpasse/optimalisere fôrsammensettingen. Det er mye som tyder på at ulike planteoljer inneholder komponenter (muligens fytosteroler) som har spesifikke effekter på laksen. Det er derved usikkert om forskningsresultater med én spesifikk planteolje er overførbare til andre planteoljer.

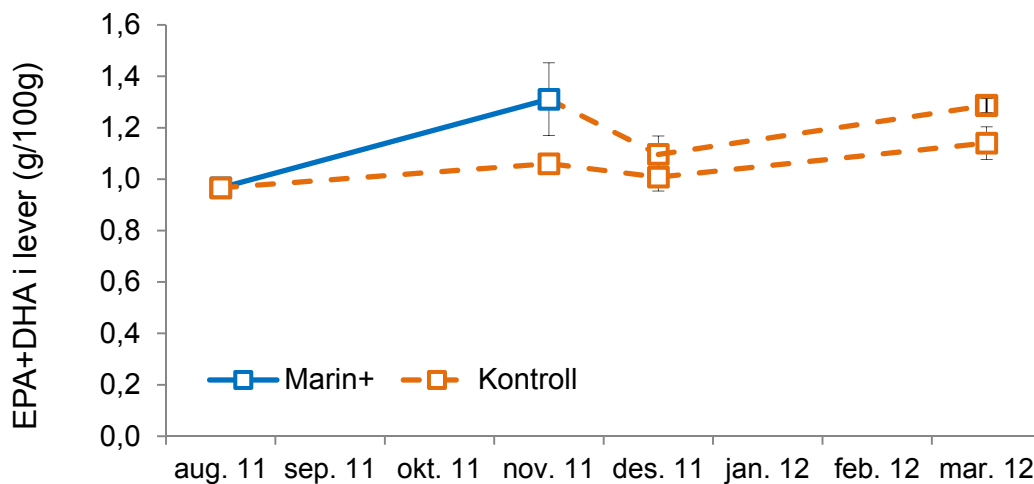
Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 36 Fettinnholdet i leveren hos laks som fikk ulike fôr i perioden august til mars: Marin+ (blå), Kontroll (grå) eller Protein+ (rød). Resultatene er gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil for alle pre-diett gruppene: Gruppe 1, 2 og 3

### EPA og DHA i lever

Nivået av EPA+DHA i leveren viste en økning da laksen fikk fôret som var rikt på marint omega-3 (Marin+, perioden august–oktober), i likhet med resultatene for filet. Men etter at laksen fikk Kontroll fôret i oktober, falt nivået av EPA+DHA til omtrent samme nivå som for laksen som hadde fått Kontroll fôret (Figur 377). Nivået av EPA+DHA økte noe fra desember til mars i begge fôrgruppene.



Figur 37 Utvikling i EPA+DHA-nivået i lever gjennom forsøket. Resultatene er vist for Gruppe 1 som fikk henholdsvis Marin+ eller Kontroll fôr

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

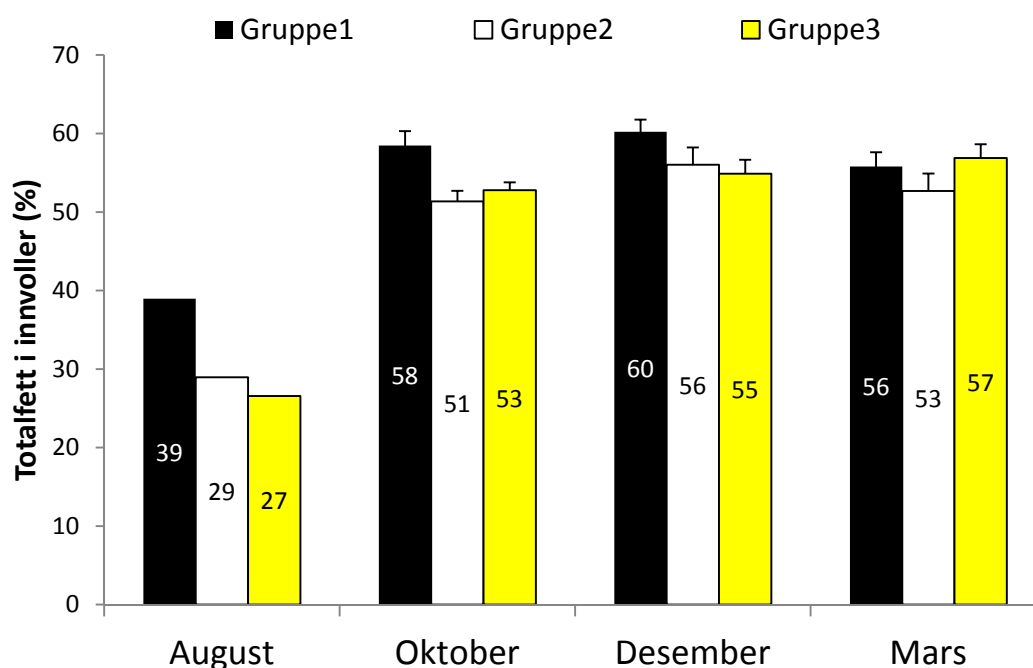
#### 4.4.2 Innvollene

##### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

Fettinnholdet ble analysert i innvollene fratrukket lever og hjerte. I august var fettinnholdet 10–12 % enheter høyere i laksegruppen som fikk fôret med 34 % fett (Gruppe 1) sammenlignet med laksen som fikk fôr med 18 % fett (Gruppe 2 og 3). Forskjellen i fettinnholdet mellom gruppene avtok gjennom forsøksperioden. I mars var fettinnholdet i Gruppene 1, 2 og 3 på henholdsvis 56, 53 og 57 % (Figur 388 og Figur 399).

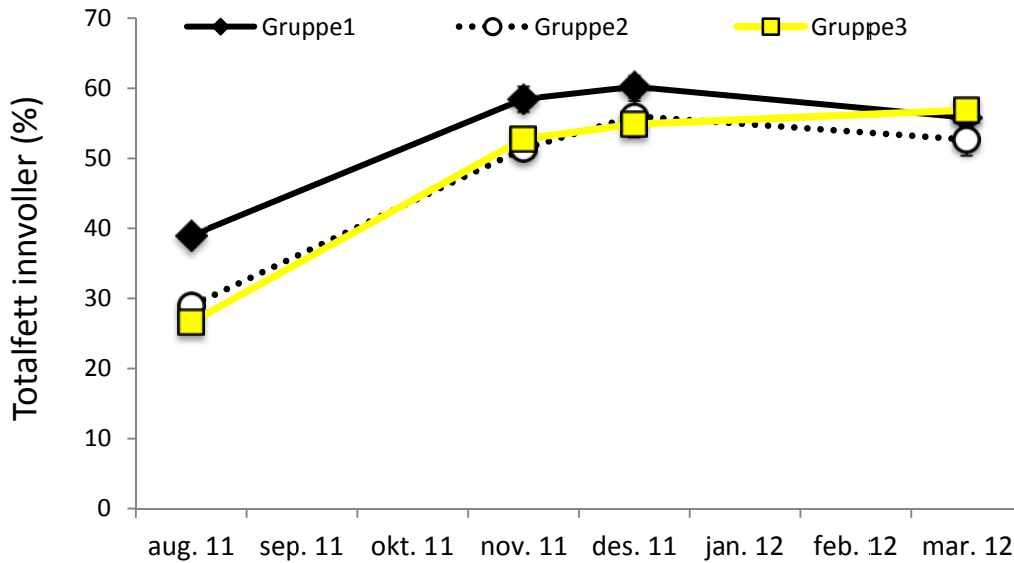
##### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+

Fettinnholdet i Kontroll gruppen var høyere enn i Marin+ gruppen i mars, men i oktober og mars var fettinnholdet tilsvarende for gruppene. I mars var fettinnholdet i Protein+ gruppen 3,5–4 % enheter lavere enn i Kontroll og Marin+ gruppen (forskjellene i mars var ikke statistisk signifikante).

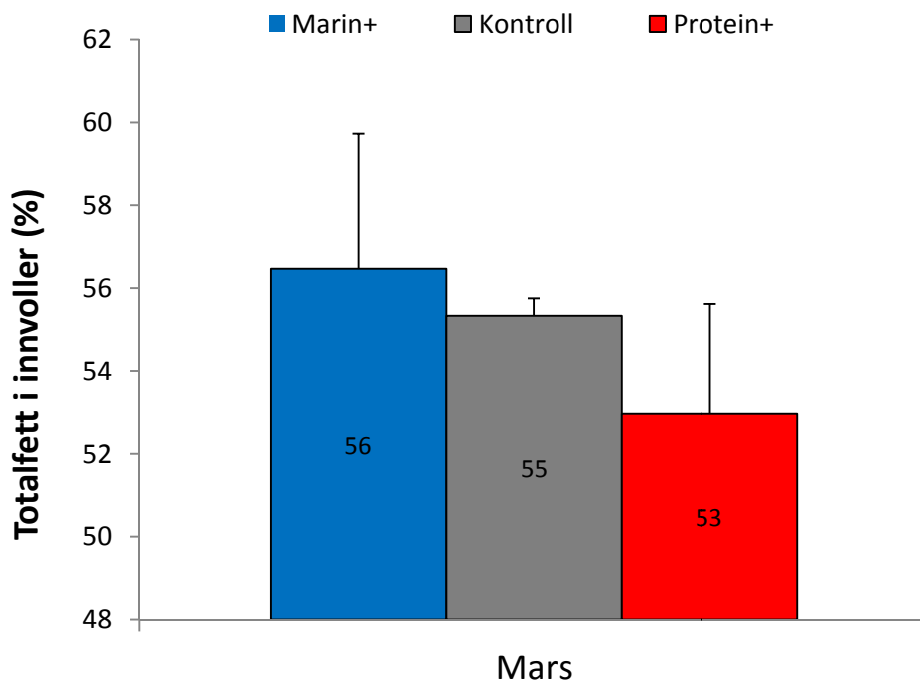


Figur 38 Fettinnhold i lever for fisken i forsøket: Pre-diett Gruppe 1: Fôr med 34 % fett og fôring til metning; pre-diett Gruppe 2: Fôr med 18 % fett og fôring til metning; pre-diett Gruppe 3: Fôr med 18 % fett, fôring 50 % av full rasjon i perioden mai–august

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



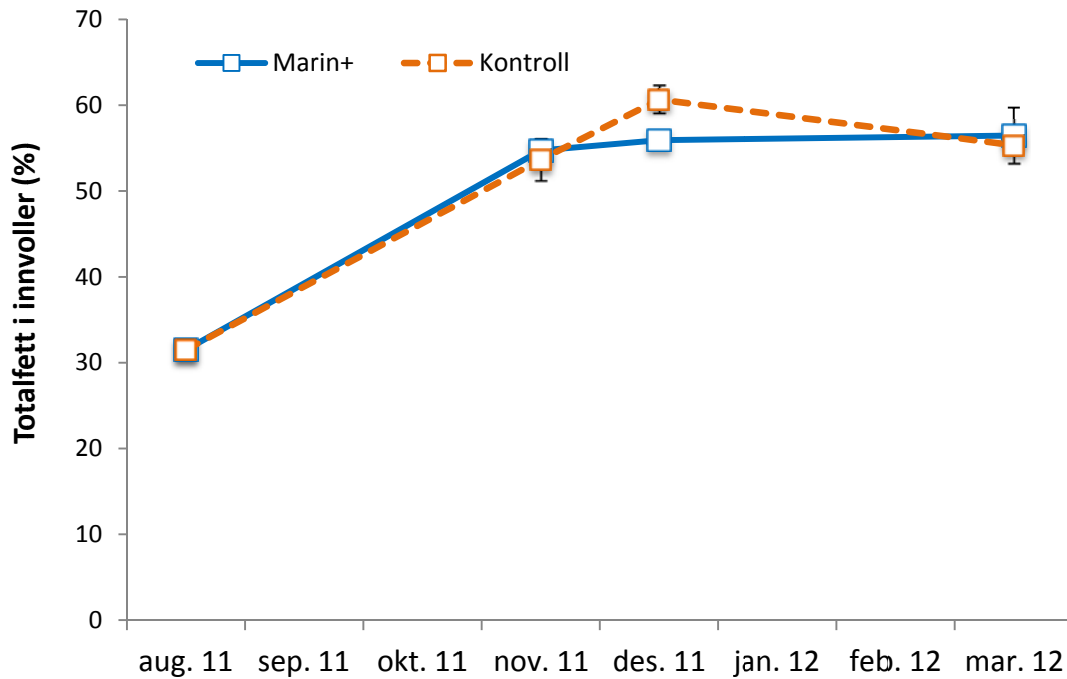
Figur 39 Fettinnhold i innvollene for pre-diett Gruppene 1, 2 og 3



Figur 40 Fettinnhold i innvoller hos laks som fikk ulike fôr i perioden august til mars: Marin+ (blå), Kontroll (grå), Protein+ (rød). Resultatene er gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil for alle pre-diett gruppene: Gruppene 1, 2 og 3

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



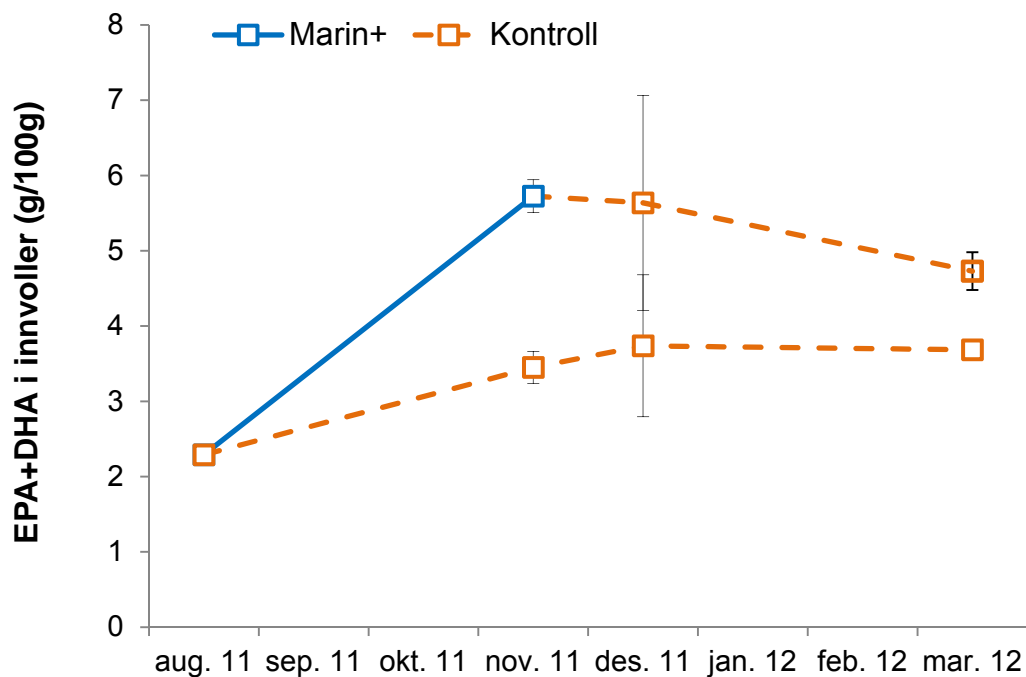


Figur 41 Fettinnhold i innvoller av laks føret med henholdsvis høyt nivå av marin olje (70 % av fôroljen; Marin+) eller fôr med høyt nivå av rapsolje (70 % rapsolje, Kontroll) i perioden august 2011 til mars 2013 (Gruppe 1)

### EPA og DHA i innvoller

Mengden EPA+DHA økte fra ca. 2,3 g/100 g i august til 5,7 g/100 g og 3,4 g/100 g for henholdsvis Marin+ og Kontroll gruppen i oktober. Når Marin+ gruppen gikk over på Kontroll fôr avtok EPA+DHA nivået til 4,7 g/100 g i mars. Kontroll gruppen hadde et EPA+DHA nivå på 3,7g/100g i mars. Det vil si at føring med høyt nivå av EPA+DHA om høsten fortsatt var merkbart påfølgende vår (mer enn 1g/100g høyere enn for laksen som fikk Kontroll fôr gjennom hele fôringsforsøket).

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



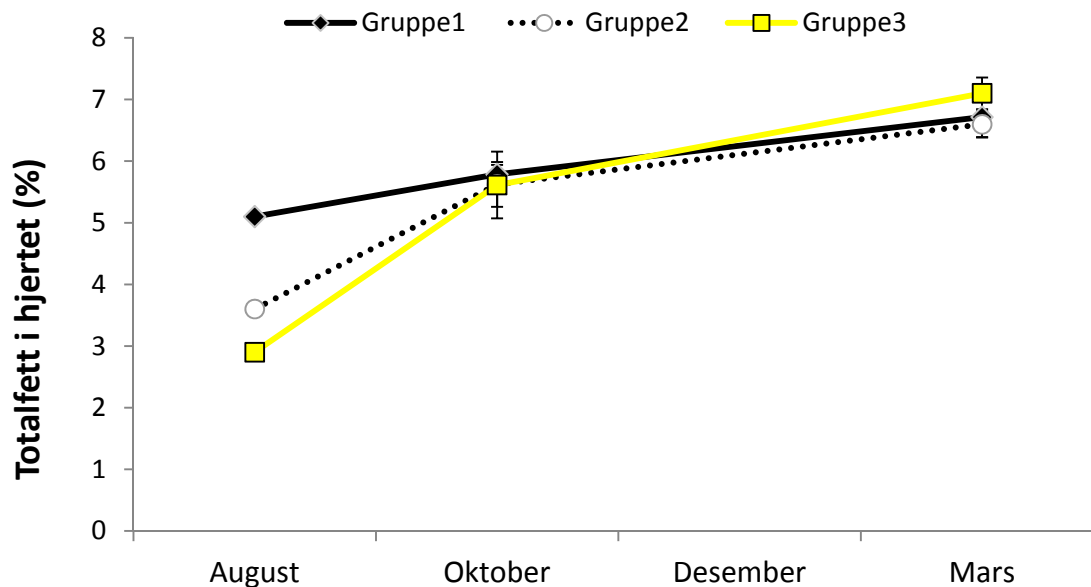
Figur 42 Utvikling i EPA+DHA nivået i innvollene (fratrasket lever og hjerte) gjennom forsøket. Resultatene er vist for Gruppe 1 som fikk henholdsvis Marin+ fôr i perioden august–oktober eller Kontroll fôr gjennom hele fôringsforsøket (august 2011–mars 2012).

#### 4.4.3 Hjertet

##### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

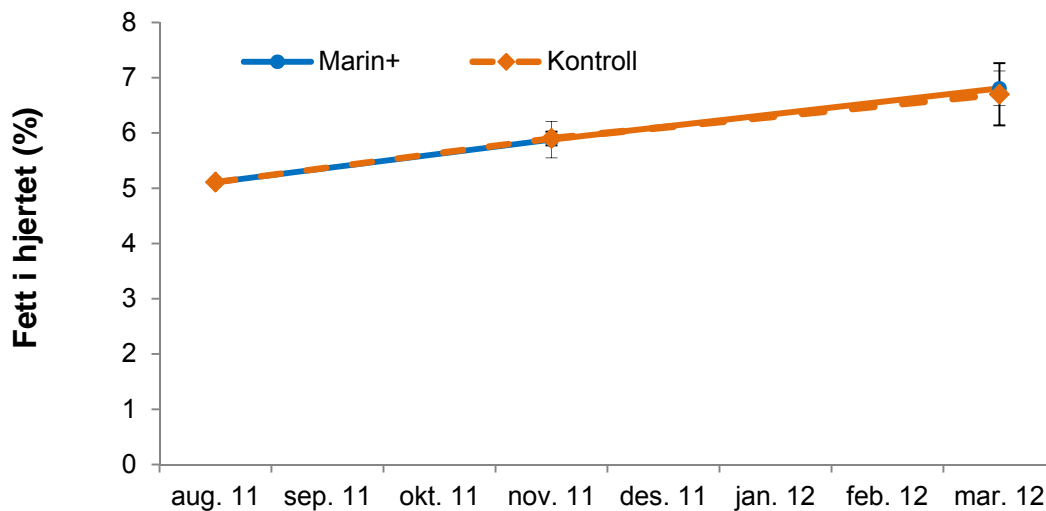
Fettinnholdet i hjertet var høyest i Gruppe 1 i august og lavest i Gruppe 3, men allerede i oktober var fettinnholdet på samme nivå i alle gruppene. Det betyr at fettinnholdet i hjertet i i Gruppe 3 viste en ekstrem økning, fra 2,9 % i august til 5,6 % i oktober (2,7 %-enheter). I samme periode var fettøkningen på 2 % enheter for Gruppe 2 og 0,7 %-enheter for Gruppe 1. I mars var fettinnholdet på samme nivå for Gruppe 1 og 2 (6,6–6,7 %), mens fettinnholdet for Gruppe 3 var på 7,1 % (Figur 43).

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



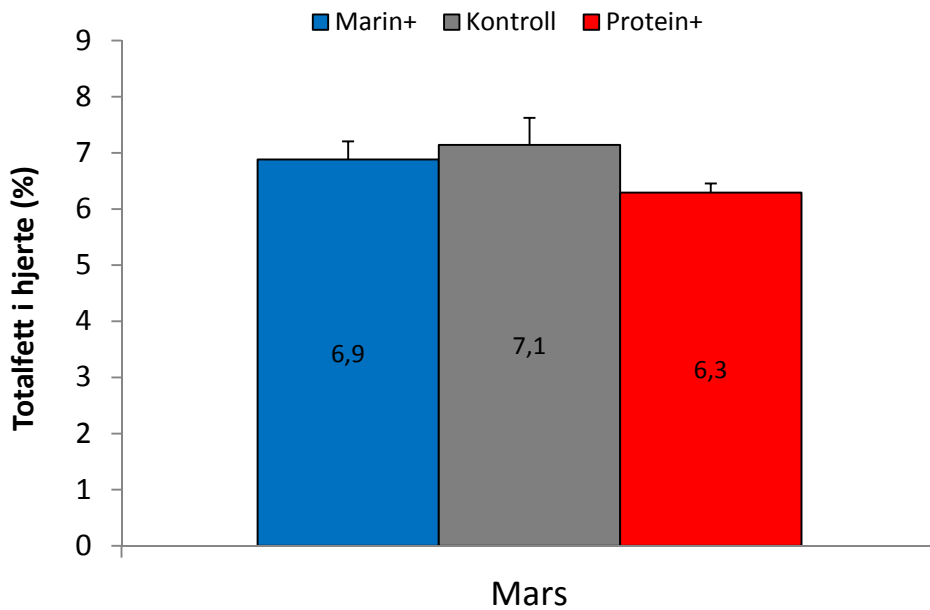
Figur 43 Utvikling i fettinnhold i hjerte for Gruppene 1, 2 og 3

Fettinnholdet viste ingen signifikant forskjell mellom Kontroll og Marin+ gruppen, men i mars var fettinnholdet i Protein+ gruppen lavest (Figur 4444 og Figur 455).

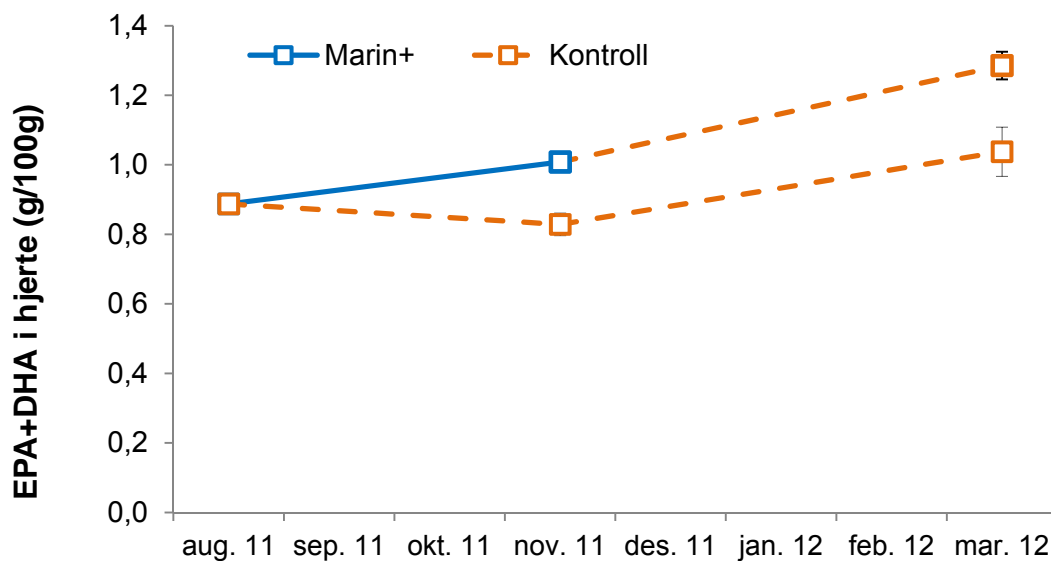


Figur 44 Utvikling i fettinnhold i hjertet for førgruppene Kontroll og Marin+ for Gruppe 1.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 45 Fettinnhold i hjerte hos laks i mars. Resultatene er gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil for fôrgruppene Marin+ (blå), Kontroll (grå), Protein+ (rød)

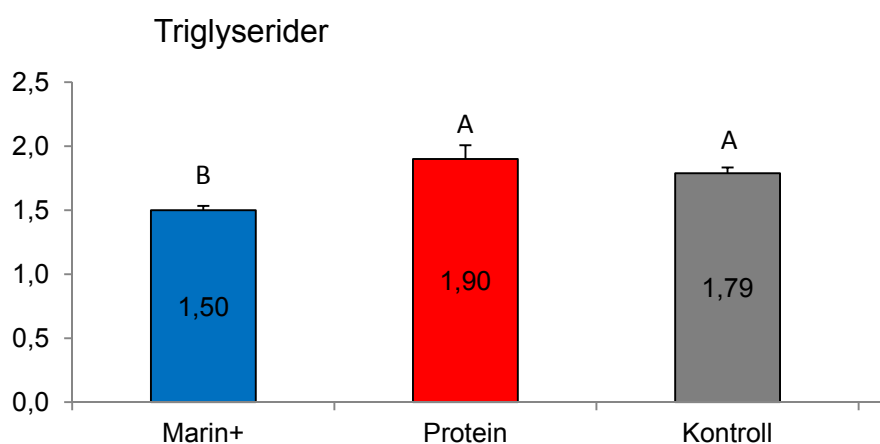


Figur 46 Utvikling i EPA+DHA nivået i hjertet gjennom forsøket. Resultatene er vist for Gruppe 1 som fikk henholdsvis Marin+ fôr i perioden august–oktober eller Kontroll fôr gjennom hele fôringsforsøket (august 2011–mars 2012)

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## 4.5 Plasmaanalyser

Plasmaanalysene i desember viste ikke signifikante forskjeller mellom behandlingene, men i mars var nivået av triglyserider i blod (TG) lavest i laksen som fikk Marin+ fôret. Selv om vi registrerte betydelige føreffekter med hensyn til sammensetting og utseendet av leveren, så fant vi ingen stigning av enzymet ALT som ofte benyttes som en markør på leverskade. I forhold til tidligere studier var verdiene lave for alle fôrgruppene. Forhøyet nivå av CK blir ofte benyttet som en indikasjon på muskelskade.



Figur 47 Triglyserider (mMol/L) i blodplasma for laksen slaktet i mars 2012. Resultatene er gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil for fôrgruppene Marin+ (blå), Kontroll (grå), og Protein+ (rød).

## 4.6 Gaping

Gaping ble bedømt umiddelbart etter filetering (notert som filet med og uten sprekker mellom muskelsegmentene) og etter seks dagers lagring (skala fra 0–5 poeng, der 3 poeng eller høyere regnes som problematisk gaping).

Filetene ble lagret på is umiddelbart etter pre-rigor filetering. Andelen fileter med spalting umiddelbart etter filetering (pre-rigor filetering) var høyest i desember, mens kun enkelte fileter hadde spalting umiddelbart etter filetering i oktober og mars. Spaltene som ble observert var få og de var små (sprekker). Det vil si at slik spalting ikke ble med i opptellingen når vi registrerte andel fileter med problematisk spalting/ tydelig spalting som sannsynligvis ville gitt problemer ved videreforedling. Likevel er det interessant å bemerke at andelen fileter med sprekker i fileten umiddelbart etter filetering var mest uttalt for Kontrollgruppen (16 % av filetene), mens andelen fileter med sprekker var betydelig lavere i Marin+ (2,5 %) og Protein+ gruppen (5 %). De fleste filetene innen Kontroll-gruppen tilhørte Gruppe 3 som hadde raskest tilvekst, mens Gruppe 2 hadde lavest frekvens (laksen som fikk fôr med høyt proteininnhold i perioden mai–august).

Gapinganalysene som ble gjennomført seks dager etter filetering i oktober bekreftet mistanken om at rask tilvekst (kompensasjonsvekst) øker sjansen for at det oppstår gaping. Resultatene viste at 18 % av filetene fra Gruppe 3 hadde så mye gaping at de sannsynligvis

PrediETT mai-august 2011		HoveddiETT august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i fileT	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diETT Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i fileT	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diETT Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i fileT	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diETT Gruppe 1+2+3

hadde gitt problemer ved filetering og videreforedling (> score 3 i henhold til skala utarbeidet av Andersen m.fl., 1994). For Gruppe 2 var andelen fileter med problematisk gaping 12 % mens andelen fileter med problematisk gaping for Gruppe 1 var på 3 % (Figur 488).

Vektregistreringer av hver enkelt fisk ved hvert av uttakene ga oss muligheten til å undersøke betydningen av tilveksthastighet for utviklingen av gaping; både umiddelbart etter filetering, etter lagring og etter handtering. De statistiske analysene viste at robustheten av filetene svekkes ved rask tilvekst ( $r = 0,63$ ;  $P = 0,0003$ ). Det var spesielt veksthastigheten tett opp til slaktetidspunktet som syntes å gi utslag i de statistiske analysene, selv om det helt tydelig er faktorer i tillegg til vekst *per se* som har betydning for utvikling av gaping. I desember var den gjennomsnittlige gapingscoren lav når den ble bedømt med engang filetene ble tatt opp av kassen, etter seks dagers lagring. Filetene tålte imidlertid ikke handtering, og hadde en tendens til å sprekke opp bare etter å ha blitt flyttet på litt på laboratoriet. Bedømming av gaping umiddelbart etter opptak fra kassen etter seks dagers lagring var lav, på rundt 4 % mens graden av gaping var oppimot 10 ganger så høy etter skånsom handtering og flytting av filetene (Figur 499). Tilsetning av ekstra proteiner i fôret reduserte problemet med gaping betydelig (med 33 %).

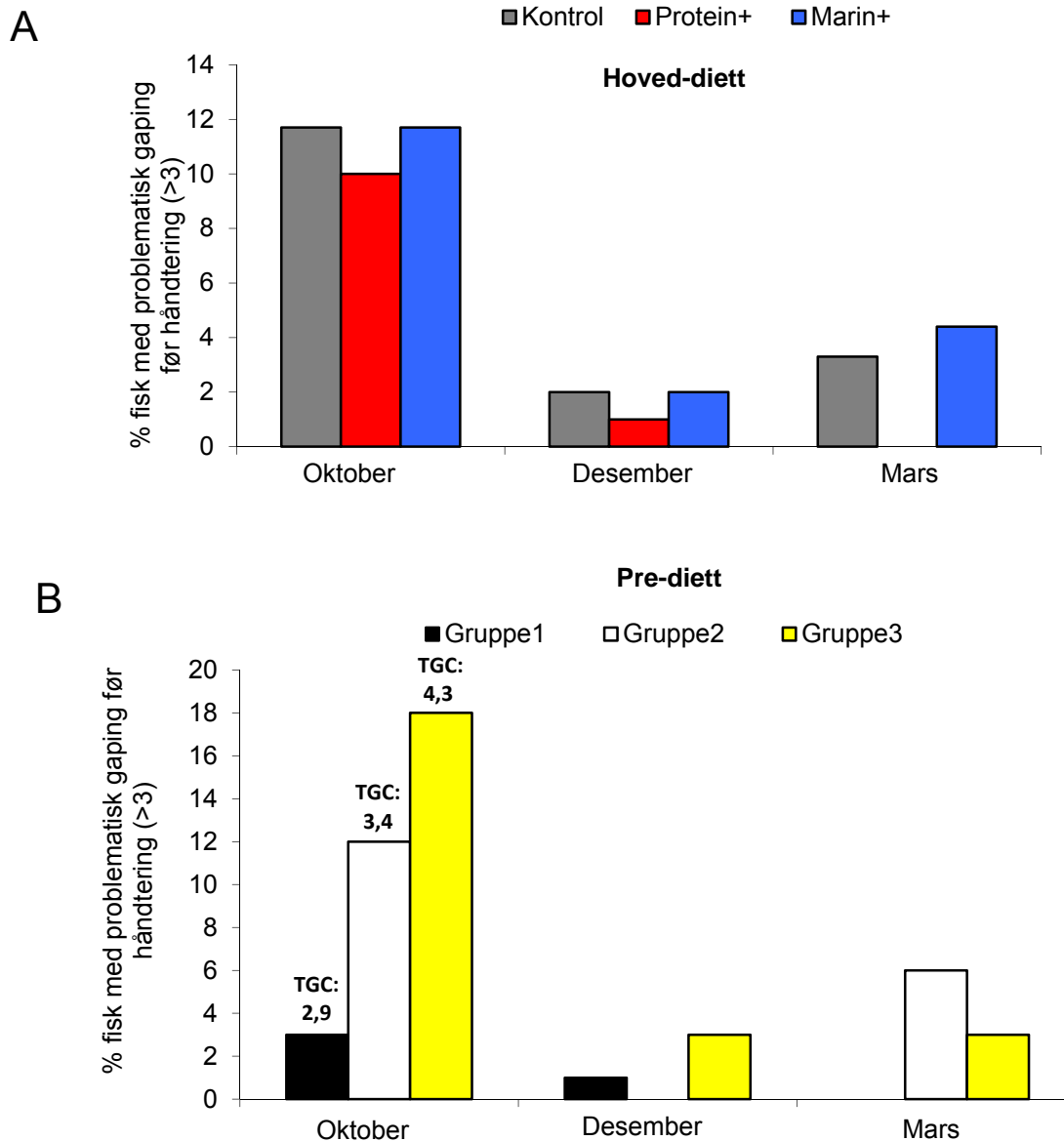
Statistiske analyser viste at stor fisk tålte mer handtering enn liten fisk, men det kan være vanskelig å skille betydningen av vekten *per se* ettersom vekten samvarierte med veksthastigheten, årstid og så videre. Vi fant økt gaping i laks med økende Spielberg score. Det betyr at fileter med mye sammenvoksninger av organer hadde mer gaping. En slik sammenheng er ikke påvist tidligere og er enda en sterk indikasjon på at filetkvaliteten samvarierer med fiskens generelle helsestatus og at vi må ha en helhetlig tilnærming i vårt kvalitetsforbedrende arbeid. En signifikant korrelasjon er imidlertid ikke noe fasit i seg selv og peker ikke på den egentlige årsaken (årsak-virkning) til observasjonen. Korrelasjonene var dessuten relativt svake ( $r = 0,2-0,35$ ), men likevel så interessante at de bør følges opp.

Resultatene på gaping i denne undersøkelsen viser at kompensasjonsvekt øker sjansen for at det utvikles gaping. På individnivå var det sammenhengen mellom vektøkning i perioden august til oktober og gaping statistisk signifikant ( $P = 0,0001$ ). Det vil si at sammenhengen mellom tilvekst og gaping er veldig sterk. Resultatene viste også at fileter av laks med raskt vekst tåler mindre handtering ( $P < 0,0001$ ). Filetene av laksen som hadde fått Protein+ fôret tålte bedre handtering. Samtidig viser resultatene at gaping ikke er en permanent tilstand, men at filetene kan gjenvinne god kvalitet. De kritiske gapingperiodene varierer nok mellom lokaliteter og fiskegrupper, som gjør at aktuelle tiltak må skreddersys, eventuelt kan man definere perioder som er så kritiske at man unngår å slakte fisk i slike perioder. Det er ingen tvil om at den biologiske tilstanden til fisken har betydning for om det utvikles gaping, men slaktehandteringen vil også være viktig. Spesielt vil det være avgjørende med skånsom handtering av fisken når filetmuskelen er svak for å minimere risikoen for at filetene sprekker opp.

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at frekvensen av gaping påvirkes av fôrsammensettingen, der det å tilføre fôret ekstra proteiner styrker muskelen slik at frekvensen av gaping reduseres. Det er interessant at en innblanding på bare 2 % proteiner

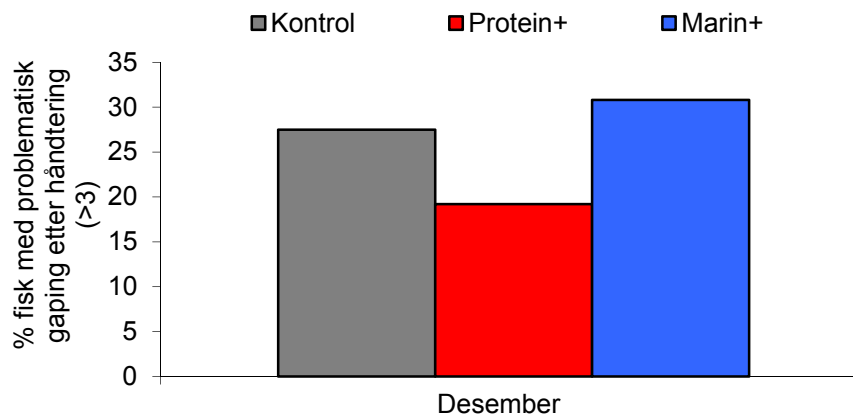
Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

ga så positivt utslag og peker på viktigheten av å styre førsammensettingen i henhold til årstid. Om det er mulig å redusere problemet ved å ytterligere forhøye det generelle proteinnivået eller om det er spesifikke proteiner/aminosyrer som har en slik gunstig effekt er usikkert. Videre er det sannsynlig at andre næringskomponenter kan ha positiv effekt, slik som for eksempel forhøyet nivå av antioksidanter, eventuelt spesifikke mineraler som er viktige for bindevevsdannelsen.



Figur 48 Problematisk gaping i filetene i forsøket. A): Laks tildelt fôr med høyt nivå av rapsolje (Kontroll), laks tildelt fôr med ekstra tilsetning av protein fra fiskeskinn (Protein+) og laks tildelt fôr med høyt nivå av marine oljer (Marin+). B) Gruppe 1: Fôr med 34 % fett og fôring til metning; Gruppe 2: Fôr med 18 % fett og fôring til metning; Gruppe 3: Fôr med 18 % fett, fôring 50 % av full rasjon

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 49 Problematisk gaping etter håndtering av filetene i desember

#### 4.7 Fasthet

Vi valgte å fokusere mest på målinger av fastheten av koteletter med en standardisert tykkelse i denne studien, siden størrelsen på fisken endret seg vesentlig gjennom forsøket og på grunn av at størrelsen mellom fiskegruppene (Gruppene 1, 2 og 3) varierte så mye innen noen uttak, særlig tidlig i prosjektet. Ved å måle på koteletter med standardisert tykkelse unngikk vi feilkilder grunnet ulike tykkelser av filetene. Det ble også foretatt fasthetsmålinger av filet. Filetanalysene vil bli omtalt innen hvert uttakstidspunkt. Alle målingene i prosjektet ble utført ved bruk av samme metode for at resultatene skulle være sammenlignbare.

Resultatene fra fasthetsmålingene i august viste at laksen som fikk ½ rasjon magert fôr hadde det fasteste kjøttet. Dette er i tråd med tidligere studier (Einen *et al.*, 1999) som har vist at redusert fôrasjon fører til at muskelen blir fastere i kjøttet. I oktober var imidlertid variasjonsmønsteret mellom Gruppene 1, 2 og 3 snudd på hodet. Som forventet hadde pre-diett gruppen med den raskeste veksten (Gruppe 3), den bløtteste muskelen, mens laksen med den laveste veksten (Gruppe 1) var mest fast i kjøttet. Statistisk analyse viste at fastheten, i likhet med gaping, samvarierte med tilveksten på individnivå. Sammenhengen mellom tilveksten og fastheten var kun signifikant for to-månedersperioden før uttaket i oktober ( $P = 0,003$ ) for ryggmuskelen. I NKS fant vi derimot en sterk sammenheng mellom tilveksten fra mai til oktober ( $P < 0,0001$ ). Resultatene indikerer at vi ikke kan betrakte fileten under ett, men at ulike deler av fileten synes å respondere ulikt på tilvekst. Hvordan muskelcellene vokser i de ulike delene av fileten er en problemstilling som bør undersøkes nærmere. De instrumentelle analysene av muskelen i NKS viste dessuten at laksen som hadde fått Kontroll fôret hadde den bløtteste muskelen (5 % lavere fasthetsverdi sammenlignet med Protein+ fôret; 8,6 Newton versus 9,1 Newton. Verdien for Marin+ gruppen var på 9,0 Newton).

I desember viste resultatene at fastheten var tilsvarende for de ulike pre-diettgruppene, men at fastheten var lav for samtlige grupper. Teksturen forbedret seg signifikant ved ekstra tilsetning av proteiner (Protein+ fôret). Teksturanalysene indikerer at svakt bindevev var årsaken til de lave teksturverdiene, siden analysene av muskelfiberstyrken var gode

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



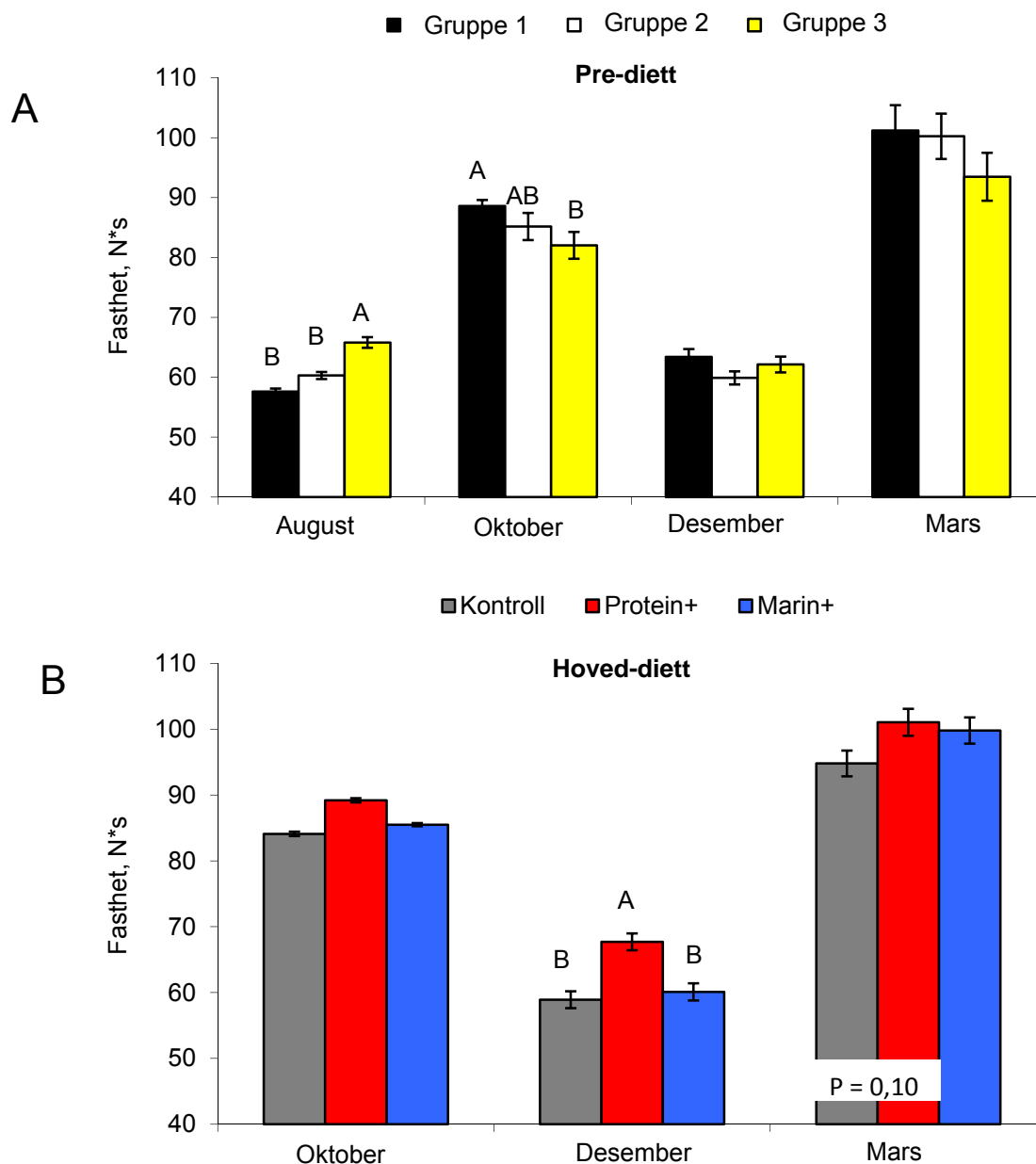
(normalverdier, men best resultat for Protein+ gruppen – spesielt i den bakre delen av fileten, NKS).

De lave verdiene for fasthet i desember var noe overraskende, men i tråd med resultatene fra gapinganalysene som viste at muskelen var svak. Vi kunne forklare forskjellen i fastheten mellom Gruppene 1, 2 og 3 ved ulik tilvekst i oktober, men i desember holder en slik forklaring ikke på samme måte. Vi har imidlertid sett at laks med god tilvekst kan ha svak muskel en stund etter at veksthastigheten er dempet. At bindevevsdannelsen på et vis ikke klarer å holde tritt med muskelcelleveksten er vist for andre dyr med sammenlignbare vekstsykluser, men det er også mange enzymer i muskelen som eventuelt kan ha hatt spesielt høy nedbrytningsaktivitet. Resultatene på vesentlig gapingøkning etter handtering styrker hypotesen om at bindevevet var svakt i desember (bindevevet er "limet" i fileten og når det er svakt sprekker filetene lett opp, spesielt mellom muskelsegmentene).

Kotelettanalysene i mars viste at det var en tendens til bedre tekstur for Gruppe 1 sammenlignet med Gruppe 3, men resultatene var ikke signifikante ( $P=0,21$ ). Målingene av filet i NKS viste at Gruppe 1 hadde signifikant bedre fasthet enn Gruppe 1 ( $P=0,05$ ). Disse resultatene er interessante og viser at det er mulig å påvirke muskelen gjennom fôret tidlig i livet til laksen. Gruppe 1 hadde også best filetutbytte. Det vil si at laksen som fikk et magert/proteinrikt fôr om våren dannet både mer (0,7 % høyere filetutbytte) og sterkere muskel året etter ved slakt. Laksen som hadde fått Protein+ fôret hadde best fasthet blant hoved-diettgruppene, men forskjellene mellom gruppene var ikke statistisk signifikante. Det kan likevel nevnes at forskjellen mellom Protein+ gruppen og Kontroll gruppen var nær signifikant ( $P=0,10$ ). Statistisk analyse på individnivå viste at laksen som hadde vokst raskest i perioden august til mars hadde bløtest muskel ( $P=0,04$ ), men sammenhengen mellom rask tilvekst og redusert fasthet var enda tydeligere for tilveksthastighet for perioden desember–mars. Disse resultatene er i tråd med tidligere undersøkelser som har vist at det særlig er veksthastigheten i perioden før slakt som har betydning for tekturen.

Ekstra tilsetning av "gode" proteiner forbedret tekturen ved samtlige uttak. Den positive effekten av proteinene var kun statistisk signifikant i desember, men det var også ved dette uttaket at det var mest behov for å stramme opp tekturen.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 50 Fasthet i filet målt instrumentelt. A) Pre-diett gruppe og B) Laks tildelt de ulike hoveddiettene

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## 4.8 Filetfarge

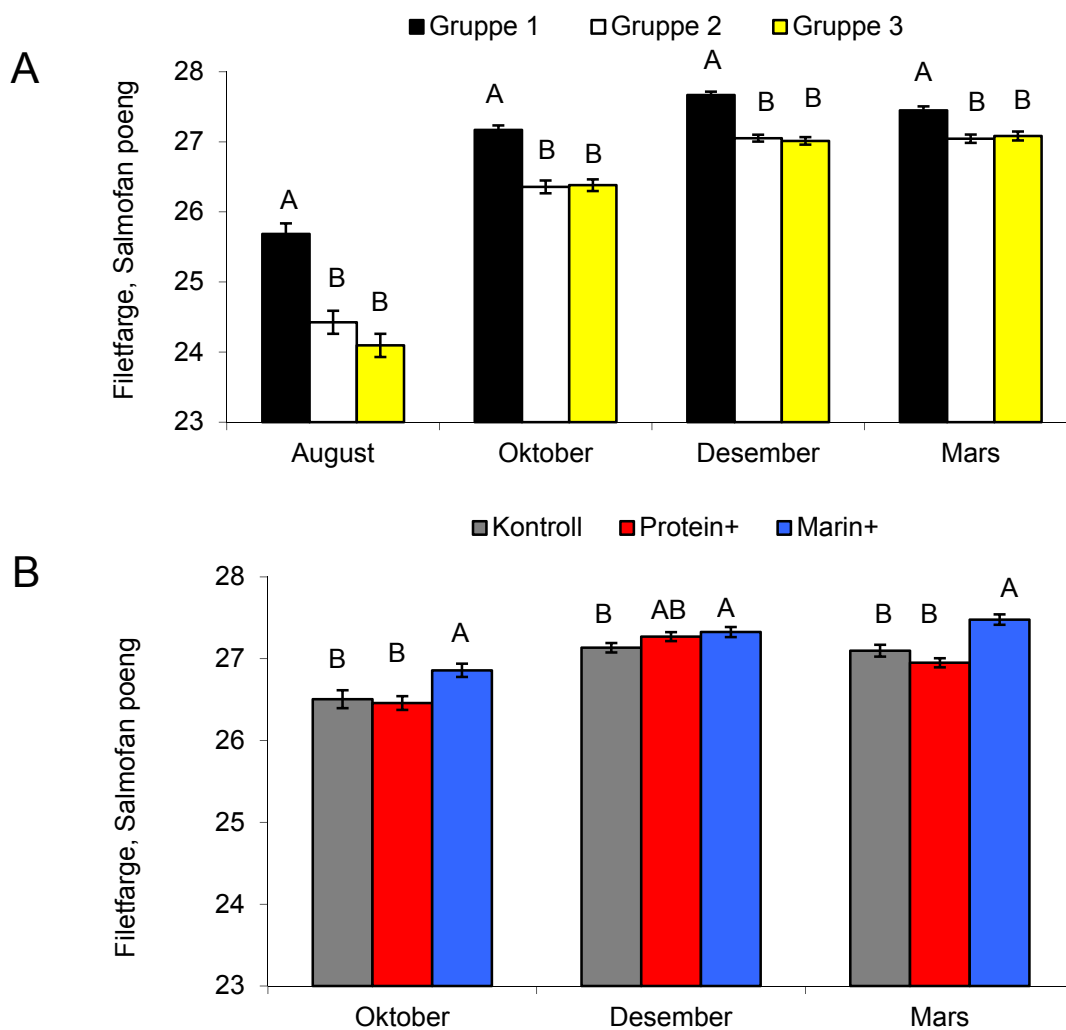
### Prediett; Gruppene 1, 2, 3

Fargeutviklingen var ulik for laksen i Gruppene 1, 2 og 3 i Fase 1. Laksen som fikk standard laksefôr (34 % fett, Gruppe 1) hadde en gjennomsnittsfarge på 25,7 (SalmoFan) i august mens laksen som fikk det magre fôret (18 % fett, Gruppe 2) og halv rasjon med magert fôr (18 % fett, Gruppe 3) hadde en Salmofan-score på henholdsvis 24,4 og 24,1. Fôret i Gruppe 2 og 3 var coatet med ekstra astaxhantin for å oppnå tilsvarende pigmentinnhold i de ulike fôr, men fôranalysene viste at vi ikke lyktes helt med dette. Det magre fôret som ble tildelt Gruppene 2 og 3 hadde lavere pigmentinnhold i perioden mai-august (5mg/kg). Det er likevel interessant å bemerke at forskjellen i pigmentinnhold i august mellom gruppene var fortsatt tilstede ved slakt i mars selv om all fisken fikk samme pigmentinnhold i fôret fra august og utover (Gruppene 1, 2, 3 gikk blandet i nøtene). Dette tilsier at pigmentnivået i filet om høsten har betydning for det endelige pigmentnivået i laks slaktet nærmere et halvt år senere (og cirka 2,5 kg vektøkning).

### Hoveddiett; Kontroll, Marin+, Protein+

Laksen som fikk Marin+ fôret hadde best farge gjennom hele forsøksperioden, med unntak av uttaket i desember da Protein+ fôret og Marin+ fôret hadde tilsvarende farge. Når fargen måles ved bildeanalyse blir målingene veldig nøyaktige, og bittesmå forskjeller kan detekteres. I dette forsøket var hadde Marin+ fôret ½ poeng bedre farge ved slakt. Ettersom fargen på all fisk var veldig god, hadde denne forskjellen trolig liten praktisk betydning, selv om forskjellene var statistisk signifikante.

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3



Figur 51 Filetfarge målt ved bruk av SalmoFan (PhotoFish). A) Pre-diett gruppe og B) Laks tildelt de ulike hoveddiettene

Prediett mai-august 2011		Hoveddiett august 2011-mars 2012		
Gruppe1: 16 % fett i filet	Jevn vekst	Kontroll	Standard laksefôr	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe2: 13 % fett i filet	Rask vekst høst	Protein+	Standard laksefôr med ekstra protein	Pre-diett Gruppe 1+2+3
Gruppe3: 11 % fett i filet	Spurtvekst høst	Marin+	Standard laksefôr med høyt omega-3 (EPA+DHA)	Pre-diett Gruppe 1+2+3

## 5 Sammenheng

Havbruk er en viktig næring som skaper arbeidsplasser og verdier i Norge. Atlantisk laks er den viktigste arten i norsk havbruk, med en total produksjon på cirka én million tonn i 2011. Laksenæringen har over mange år styrket sin markedsposisjon, mye takket være høy tilgjengelighet, god kvalitet og akseptabel pris.

For at oppdrettsnæringen skal bevare en solid markedsposisjon er det avgjørende at filetene holder en stabil og høy kvalitet. Fileter som ikke oppfyller markedskravene kan ikke omsettes som kvalitetsprodukter og feilretting etter kvalitetsbrister fører til betydelige økonomiske tap, misnøye hos kundene og skadet omdømme for næringen.

Norsk laks har generelt høy kvalitet, men kostnadskrevenne kvalitetsbrister forekommer. Blant annet er bløt filet og filetspalting (gaping) viktige årsaker til nedklassifisering og reklamasjoner. Laks som er løs i kjøttet og som spalter mellom muskelsegmentene har lett for å revne under filetering, den har uønsket utseende og den blir ikke godkjent for produksjon av høykvalitetsprodukter, slik som røykt laks.

FHF har i en årrekke jobbet for å finne årsaker til at teksturproblemer oppstår og for å identifisere tiltak som bidrar til at laksefiletene bevarer god fasthet. Resultater fra forskningen har vist at teksturen påvirkes gjennom hele produksjonen; fra genetisk opphav, miljø, fôr og fôring, slaktemetode, oppbevaring og bearbeiding.

Det har vært en uttalt mistanke om at risikoen for å oppleve problematisk tekstur er større i perioder med spurtvekst, som kan forekomme om høsten. I dette prosjektet undersøkte vi om det er mulig å forbedre fastheten ved å gi laksen fôr med ekstra tilsetning av proteiner fra en naturlig kilde (fiskeskinn) som er rik på komponenter som i tidligere FHF-prosjekt har vist seg å være positive når de tilføres fôret enkeltvis (kjemisk fremstilte).

Dagens oppdrettslaks er blant de beste kildene til å dekke anbefalt inntak av de sunne omega-3-fettsyrene EPA og DHA for å beskytte mot hjerte og karsykdommer. Laksen får EPA og DHA fra fiskeråstoff i fôret. Siden mengden fiskeolje på verdensmarkedet er begrenset, og prisen høy og økende, er det vanlig å blande planteoljer i laksefôr. Når planteoljer erstatter marine fôroljer, vil mengden EPA og DHA i fileten avta. For å sikre bærekraftig utnyttelse av dyrebare marine oljer, og tilstrekkelig mengde EPA og DHA i filet, er det viktig at utbyttet av marine fôroljer er best mulig. Samtidig er det viktig å opprettholde god vekst, fôrutnyttelse, fiskehelse og filetkvalitet.

Laks lagrer fett i filéten og rundt innvollene. I naturen tærer laksen på fettreservene når det er lite mat, og i energikrevende perioder. I dette prosjektet undersøkte vi om det er mulig å forbedre utbyttet av marine fôroljer ved å gi laksen et fôr som er rikt på EPA og DHA om høsten da fettlagrene fylles opp (sesongbasert fôring), for deretter å gå over til et standard fôr med relativt høy innblanding av planteoljer. Forsøkene ble gjennomført med laks med ulik energistatus og vekstpotensial ved inngangen til høsten for å undersøke om rask vekst øker forekomst av bløt tekstur og gaping, og sammenhengen til fettdeponering i muskel. Fôrets betydning for tilvekst, slakte-, filetutbytte samt helse relaterte parametere ble også undersøkt.

Fôringsforsøket ble gjennomført ved Nofimas sjøanlegg på Averøy fra mai 2011–mars 2012. Innledningsvis produserte vi individmerket laks med ulik energistatus og vekstpotensial (mai–aug) ved å gi laksen fôr med ulikt fett og proteininnhold og ulik fôring (hel eller ½ rasjon). I august ble laks fra de ulike regimene blandet likt i 12 nøter, og tildelt følgende forsøksfôr:

- Kontroll: Standard sammensetning av fôrolje (30 % marin & 70 % raps). Standard protein
- Marin+: Høyt nivå av marin olje (70 % marin & 30 % raps). Standard protein
- Protein+: Standard sammensetning av fôrolje. Ekstra innblanding av 2,5% protein

Det er viktig å være oppmerksom på at fôringsfôr komponeres for å øke kunnskapen om gitte problemstillinger. I vårt tilfelle var betydningen av sesong for utbyttet av marint omega-3 en viktig problemstilling å få belyst. Det betyr ikke at vi testet om det er hensiktsmessig å blande inn 70 % marin olje i fôret om høsten, men heller om det er hensiktsmessig å variere innholdet av marin olje i forhold til sesong for å få best mulig utbytte.

Resultater fra prosjektet viste at:

- Laks prioriterer å lagre fett om høsten heller enn å forbruke det til energi. Dersom fettlagrene er lave ved inngangen til høsten, vil fisken spise seg opp, vokse raskt og få økt risiko for å utvikle teksturproblemer. Problematisk gaping ble registrert hos 18 % av laksen som var mager i august (11 % fett) med rask høstvekst (TGC 4,3). Kun 3 % av laksen med mer filetfett (16 %) og jevn vekst (TGC 2,9) hadde problematisk gaping.
- Fettretensjonen i muskel var på 48 % i august-oktober mot 24 % i desember–mars. Det betyr at nesten halvparten av fôrfettet ble lagret i fileten om høsten, mot en fjerdepart om våren.
- Deponering av EPA og DHA fra fôret er høy om høsten, ettersom laksen bygger opp fettlagrene i denne perioden. Våre resultater viste at "utvasking" av EPA og DHA var langsom når laksen fikk et fôr med lavt innhold av marine oljer. Bærekraftig utnyttelse av kostbar marin fôrolje, vil være å benytte høyere nivå av EPA og DHA om høsten, og heller ha lavt nivå om våren da fett hovedsakelig forbrennes. Slik vil sesongfôring øke omega-3-utbyttet fra fôret.
- Fettsyren DPA dannes fra EPA og har samme kjedelengde som DHA. Etter vår oppfatning bør nivå av DPA legges til summen av EPA+DHA for å få et riktigere totalbilde av deponering av marint omega-3 fra fôret (retensjonsberegninger).
- Det er trolig at laks tåler høye innblandinger av planteoljer i fôret, så lenge oljeblandingen er velbalansert. Resultatene fra vår studie tyder på at en oljeblanding bestående av 70 % rapsolje er noe høyt for optimal fiskehelse i et fett fôr med relativt lite protein til stor laks.
- God helsestatus gjør fisken bedre rustet til å takle stress og bevare god filetkvalitet.
- Resultatene tydet på at det er mulig å stimulere til bygging av mer muskel og en mer robust muskel ved å gi laksen ekstra protein tidlig i livet, for så å gå over til et standard fôr. Dette er ny kunnskap! Optimalt tidsvindu for å stimulere til kraftigere muskelbygging (økt filetutbytte/fastere filet) bør defineres; for eksempel vurdere varighet og om tidsvinduet kan skyves over i ferskvannsfasen, som vil være en rimeligere strategi.

- Ekstra innblanding av proteiner (2,5 %) i et standardfôr ga redusert gaping, forbedret fasthet og fiskehelse, samt økt slakteutbytte (+0,9 %) og filetutbytte (+1,6 %).

Vi benyttet et relativt komplisert forsøksoppsett som var tilpasset muligheten å avdekke mange problemstillinger samtidig. Dette viste seg å fungere utmerket. Slik viste prosjektet at det er mulig å oppnå rask og kostnadseffektiv kunnskapsfremgang ved å benytte innovative forsøksdesign med ulike og sammensatte forsøksspørsmål i ett og samme fôringsforsøk.

## 6 Summary

Results from the present study showed that:

- Salmon stores fat from the feed in the autumn rather than consuming it for energy. If the fat reserves are low at the beginning of autumn, the fish will grow fast and have an increased risk of developing texture problems. Problematic gaping was recorded in 18% of the salmon with lean muscle in August (11% fat) and a rapid growth rate (TGC 4.3). Only 3% of the salmon with fattier fillets (16%) and steady growth (TGC 2.9) had problematic gaping.
- The fat retention in the skeletal muscle was 48% from August to October, compared with 24% during the period Jan-March. This means that almost half of dietary lipids were stored in the fillets in the autumn, compared with a fourth part in the spring.
- During Autumn, a large proportion of EPA and DHA from the feed was stored in the fillet, but the "wash-out" was slow. Sustainable use of limited and expensive marine feed oil, would therefore be to use higher levels of EPA and DHA in the fall, and rather use low levels during the spring period when fat is mainly used for energy production – i.e. use seasonal adjusted feeding to achieve greater sustainability and improved utilization of marine omega-3.
- The fatty acid DPA (docosapentaenoic acid) is formed from EPA and has the same chain length as DHA. In our opinion, the level of DPA should be added to the sum of EPA + DHA to get a more accurate overall picture of marine omega-3's in the fillet; including calculations of % marine fatty acids retained in the fish from the feed (e.g. mass balance calculations).
- Good health status improves the ability of the salmon to cope with stress and maintain good fillet quality.
- The results indicate that it is possible to stimulate production of a more robust muscle by feeding the salmon increased amounts of proteins early in life, and then switch to a standard feed with lower protein. This is new knowledge! The optimal time window for stimulating powerful muscle building (improved fillet yield/firmer fillet) through high-protein diet should be defined; e.g. elucidate the effect of moving the period to the freshwater stage.
- Adding additional proteins to a standard salmon diet (+2.5%) reduced gaping improved firmness and fish health, and increased slaughter yield (+0.9%) and fillet yield (+1.6%).



## 7 Nytteverdi og videre forskning

Forutsigbar filetkvalitet er viktig for lønnsomheten i hele verdikjeden. Produksjon av god, stabil kvalitet skaper konkurransefortrinn og grunnlag for langsiktige og gode kontrakter med lojale kunder samt verdifull informasjon om den sannsynlige inntektsstrømmen for bedriften. Det er også viktig for næringen å opprettholde et godt omdømme som produsent av sunn kvalitetslaks med bærekraftig bruk av fôrressurser. Kunnskapen om årstidstilpasset innblanding av marine oljer er ny og nyttig for å sikre kostnadseffektiv og bærekraftig utnyttelse av begrensede marine oljer fra fiskeriene og for å sikre et tilstrekkelig nivå av marint omega-3 i fileten på en mest mulig effektiv måte. Kunnskap om betydningen av veksthastighet for fastheten i filet er også nyttig og etterspurt. Implikasjoner fra prosjektet kan være anbefalinger for å styre tilveksten i perioden før slakting. Blant annet ved å styre fett/proteinratioen i fôret om våren og forsommeren og også innblanding av spesielle proteiner og eventuelle sporstoffer. Slaktehandteringen bør også tilpasses laksens biologiske status. For eksempel vil det være spesielt viktig å handtere fisken skånsomt ved slakting og prosessering i perioder da fiskemuskelen er svak av naturlige årsaker.

Funn fra prosjektet med spesielt høy relevans for næringen er drøftet nedenfor

Vi identifiserte en effektiv strategi for å øke utbyttet av marint omega-3. Det er flere årsaker til at denne kunnskapen har høy relevans

- Betydning for kostnadseffektiv produksjon og videre vekst i oppdrettsnæringen.
- Bærekraftig utnyttelse av begrenset og kostbart marint fôrstoff.
- Opprettholde omdømmet av norsk laks som en rik kilde på marint omega-3.
- Fokus på bærekraftig utnyttelse av begrensede marine oljer og økt utnyttelse av biråstoff fra fiskeriene vil bidra til positiv omdømmebygging for Norge som oppdretts- og fiskerinasjon.
- Helse og fiskevelferd.

Vi fant at tidsvinduet for deponering av marint omega-3 (EPA og DHA) var svært effektiv i perioden august–oktober. Dette er knyttet til laksens naturlige fettlagringsmønster. Resultatene viste at nesten halvparten av fôrfettet ble lagret i fileten om høsten, mot en fjerdepart om våren. Det er imidlertid mulig at dette tidsvinduet om høsten kan snevres inn ytterligere. Det kan være nyttig å finjustere kunnskapen om akkumulering og utnyttelse av fett om høsten for å få til ennå mer effektiv bruk av det det dyrebare, marine omega-3-fettet. Videre bør en ta i betraktning at omega-3 anriking av fileten om høsten sannsynligvis ikke vil fungere dersom laksen skal slaktes ut på vårparten, ettersom laks i større grad forbrenner fett om våren. I prosjektet har vi kommet frem til at fettsyren DPA bør inkluderes i summen av de marine oljene av biologiske årsaker. Andelen av DPA er ikke så høy som for EPA og DHA, men DPA vil være med på å øke innholdet av marint omega-3 i laksefileten.

Tilgjengeligheten av marine fôroljer er forventet å avta ytterligere, hvilket innebærer at innblandingsnivået av marine oljer i laksefôr vil avta ytterligere. Derfor er det viktig å fremskaffe mer kunnskap om optimale blandinger av planteoljer som fôrkilde til laks av ulik størrelse og i forhold til miljøforhold for å opprettholde en kostnadseffektiv produksjon av

sunn kvalitetslaks. Det pågår livsløpsstudier (fra yngel til slaktefisk) med omega-3 fattige fôr til laks, men disse forsøkene er vinklet mot tilvekst og stoffskifterelaterte problemstillinger, ikke filet kvalitet. Trolig kan nivået av planteoljer være høyt og over 70 % dersom oljeblandingen er velbalansert, men det er viktig å overvåke filetkvaliteten og fiskehelsen hos laks som får fôr som i hovedsak er basert på planteoljer for å unngå kostbare kvalitetsbrister og tapt omdømme i markedet.

Resultater fra denne studien viste at ekstra innblanding av proteiner fra fiskeskinn ga positive effekter på filetkvaliteten og fiskehelsen. Videre ga ekstra innblanding av proteiner i fôret 1,6 % økt filetutbytte, hvilket er en betraktelig verdiøkning. Resultatene er i tråd med tidligere undersøkelser som har vist at tilsetning av visse proteinkomponenter gir kvalitetsforbedringer og sunnere laks. Videre studier kan avdekke om slike gunstige effekter kan oppnås i storskala (verifisering), og om sesongmessige justeringer av protein-fettforholdet vil gi de største kost-nytte effektene. Dette er etterspurt kunnskap.

Våre resultater tydet på at det er mulig å stimulere til bygging av mer muskel og en mer robust muskel ved å gi laksen ekstra protein tidlig i sjøvannsfasen, for så å gå over til et standard fôr. Dette er ny kunnskap! Pågående forsøk ved Nofima (v B.Ruyter) viser at dannelsen av muskelceller øker i lakseyngel som får fôr med høyt proteininnhold mens et fettrikt fôr fører til økt dannelse av fettvev. Optimalt tidsvindu for å stimulere til kraftigere muskelbygging (økt filetutbytte/fastere filet) bør defineres; for eksempel vurdere varighet og om tidsvinduet for bruk av et proteinrikt fôr for å bygge en mer proteinrik og robustere muskel gjennom økt innblanding av proteiner i fôret kan skyves over i ferskvannsfasen, som vil være en rimeligere strategi («nutritional programming»).

Blant annet ble følgende kunnskap etterspurt på FHF-samlingen "Verdikjede Havbruk" på Gardermoen 26–27 november:

- "Fungerer ekstra tilsetning av proteiner fra fiskemel/fjørnfemel/slo, skinn, hoder fra fiskeindustrien!?"
- "Er det mulig å utvikle et slaktefôr som kan tildeles laksen i spesielt kritiske perioder med henhold til filettekstur"

#### **Andre spørsmål som næringen fremstilte som relevante og å få besvart:**

- Betydningen av sporstoffer i fôret ble pekt på som spesielt interessant å ha fokus på i videre forskning. Mineraler som ble trukket frem som relevante var: sink, jern, kobber og fosfor. Særlig ble innholdet av sink fremhevet som relevant å ha fokus på. I dag er EUs øvre grense for sink på 200 mg/kg. Denne grensen har vært forsøkt endret, grunnet næringens mistanke om underdekning av sink i perioder av laksens liv. Sink er et mineral med mange livsviktige funksjoner, og sink har også betydning for dannelsen av en robust muskel. Laksens evne til å utnytte sink fra fôret varierer gjennom året, og den er lav om høsten da laksen mange steder i Norge har rask vekst, og et antatt forhøyet behov. Videre er tilgjengeligheten av sink fra fôret varierende, avhengig av i hvilken form det er innblandet i fôret. På FHF-samlingen påpekte næringsaktørene at en grundig dokumentasjon på at 200 mg sink/kg fôr er for lavt til å sikre god fiskehelse og

filetkvalitet, vil gi et velfundert beslutningsgrunnlag for oppjustering av EUs øvre grenseverdi for sink i fôr til oppdrettslaks.

Det forventes at næringen i økende grad kommer til å sette ut større smolt i sjøen sammenlignet med dagens praksis. Kunnskap om hvilke utfordringer man vil få med stor smolt, andre produksjons/fôringsregimer bør avdekkes for å sikre god kvalitet.

Tidligere undersøkelser finansiert av FHF har pekt på ulike forhold/markører som kan knyttes til filetfasthet. Blant annet er det avdekket store opphopninger av suktermolekyler i cellene hos bløt laks ("sukkerlaks"), men omfanget og underliggende årsak(er) er uvisst. På FHF's havbrukssamling i vinter fremstilte næringen ønske om å identifisere tidlige markører på problematisk tekstur. For eksempel å finne utbredelsen av fenomenet "sukkerlaks", og om eventuelt glykogenoppbygning i muskelen kan brukes som en tidlig markør på bløt tekstur – og som veiledende for å iverksette tiltak for å unngå reklamasjoner på bløt laks. Flere store næringsaktører ønsket å bidra med fiskemateriale til en slik undersøkelse – for eksempel ved å bidra med fisk fra rutinemessige lusetellinger, eventuelt laks som går til rutinemessige kvalitetsanalyser. Ved å benytte laks fra slike rutinemessige analyser vil det være mulig å følge samme fiskegruppe frem til slakt.

I dag finnes det ikke metoder for å måle teksturen i levende laks. Aktørene på Havbrukssamlingen ønsket seg en metode for å sortere laks i kategoriene akseptabel/ikke akseptabel fasthet som et styringsverktøy. For eksempel ved å tilpasse NIR-instrumentet som er utviklet for å måle fett og farge i oppdrettslaks, i regi av FHF.

Det konkluderes med at resultatene fra dette omfattende forsøket gir nyttige bidrag til arbeidet med å sikre lønnsomhet i norsk oppdrettsnæring samt bærekraftig utvikling, i tråd med FHF's visjon.

## 8 Litteratur og presentasjoner fra prosjektet

### Foredrag

- Teksturutfordringer på laks – hvordan løses de?. Sjømatdagene på Hell, 17.-18. januar. Trondheim. 2012
- Fôrstrategi mht. optimal og årstidsavhengig innfarging og vekstmønster. Produktivitetskonferansen 2012, Bergen. 2012
- Fillet texture of Atlantic salmon, an overview. Ewos Innovation. Dirdal. 2012
- Tekstur i oppdrettslaks. Nye funn tyder på at vi har funnet en viktig årsak til bløt fillet. FHF Verdikjede havbruk - Gardermoen 21-22. nov Park In, Gardermoen. 2012
- Texture quality in Atlantic salmon. Alltech's 28th Annual Symposium May 20-23, 2012 in Lexington, KY, US. 2012.
- Forskning innen kvalitet og hygiene ved Nofima. Mattilsynet, Oslo-Akershus. 2012.
- Ny kunnskap om faktorer som påvirker kvalitet med hovedvekt på fett. Ernæringsforum. NCE-Aquaculture, Universitetet i Nordland 7-8. November. 2011.
- Sammenheng mellom fôr og kvalitet. Radisson hotell Royal Garden i Trondheim 18. oktober. FHF arbeidsmøte om havbruk. 2012.
- Kvalitet av sjømat. Mattilsynet, Frøya. 2012.
- Fastleiki à alilaksi. Havbunadarstevna, Hotel Føroyar. Færøyene. 2012.
- Fillet quality of farmed fish. Universitet for miljø og biovitenskap. 2012.
- Tekstur i laks. Skretting Stavanger. 2012.
- Fôring i takt med laksens biologiske klokke" for å bygge en robust laks med gunstig omega-3 nivå og stram tekstur. Havbrukssamling FHF. 2012.

### Presentasjoner på internett

- [http://www.kyst.no/index.php?page\\_id=59&article\\_id=91524](http://www.kyst.no/index.php?page_id=59&article_id=91524)
- <http://www.forskning.no/artikler/2012/juni/326752>
- <http://www.fou.no/forskning/hav-og-fiske/14871-laksen-blir-hva-den-spiser>
- <http://www.fhf.no/nyheter/2012/november/8-november/styrt-foring-gir-boost-av-omega-3/>
- [http://www.kyst.no/?page\\_id=119&article\\_id=95421](http://www.kyst.no/?page_id=119&article_id=95421)

### Fire mastergrader med planlagt innlevering vår 2013

Kristine M Bringslid, Liang Liu, Olga Filina, Saied Dadras

### Faktaark

Sesongfôring øker omega-3 utnyttelsen. Q1 2013

### Artikler

- Populærvitenskapelig, Q1 2013
- Vitenskapelig Q4 2013



ISBN 978-82-8296-032-8 (trykt)  
ISBN 978-82-8296-033-5 (pdf)  
ISSN 1890-579X