

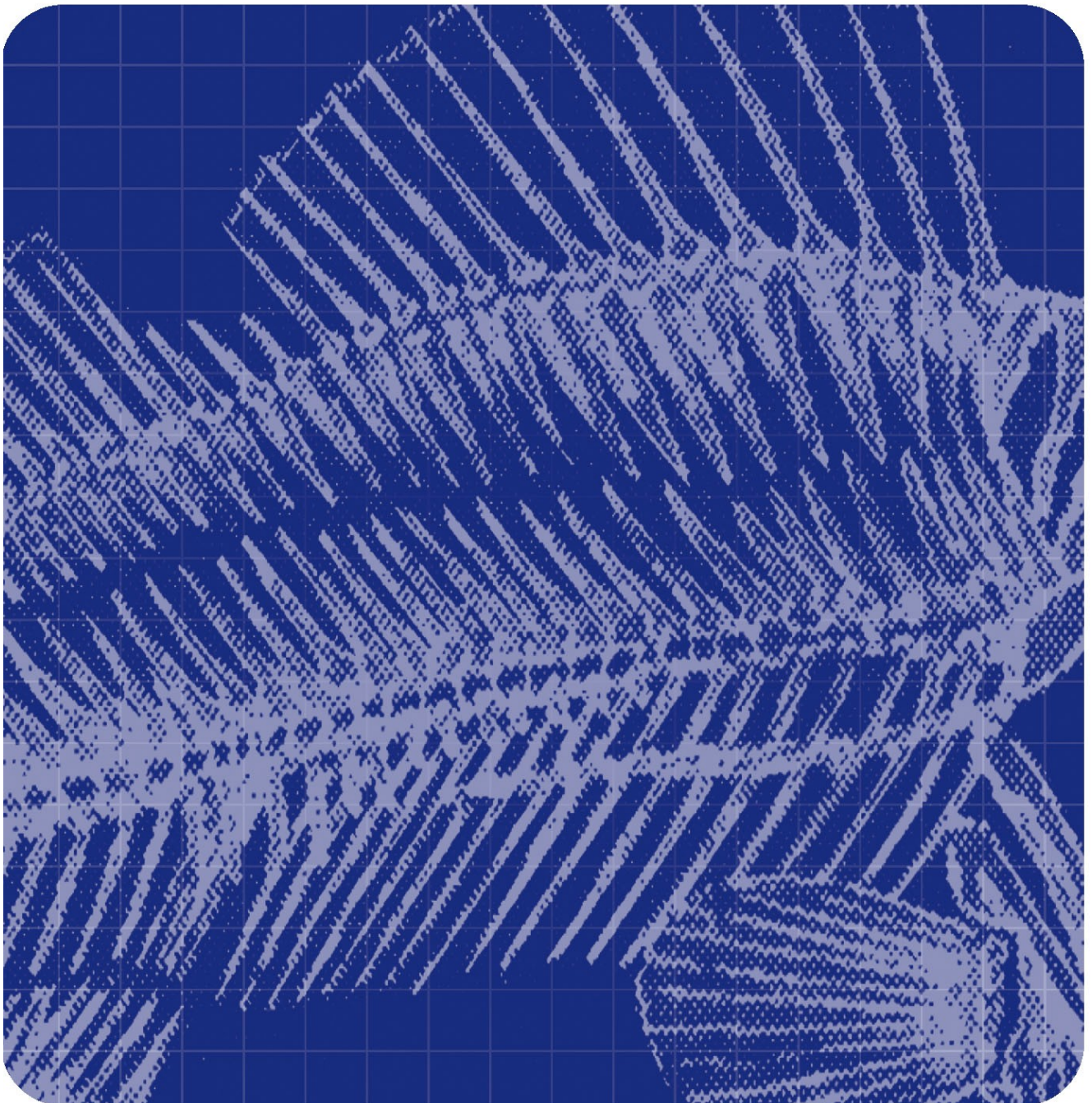


# Fiskeriforskning

RAPPORT 14/2006 • Utgitt april 2006

## Laksebein som ingrediens i fôr til torsk

Jogeir Toppe og Sissel Albrektsen





Norut Gruppen er et konsern for anvendt forskning og utvikling og består av morselskap og seks datterselskaper. Konsernet ble etablert i 1992 – fundamentert på daværende FORUTs fire avdelinger og Fiskeriforskning.

Konsernet består i dag av følgende selskaper:

Fiskeriforskning, Tromsø

Norut IT, Tromsø

Norut Samfunnsforskning, Tromsø

Norut Medisin og Helse, Tromsø

Norut Teknologi, Narvik

Norut NIBR Finnmark, Alta

Konsernet har til sammen vel 240 ansatte.



Fiskeriforskning (Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS) utfører forskning og utvikling for fiskeri- og havbruksnæringen.

Gjennom strategisk næringsrettet forskning og utviklingsarbeid, i samarbeid med næringsaktører og det offentlige, skal Fiskeriforskningens arbeid bidra til utvikling av

- etterspurt sjømat
  - aktuelle oppdrettsarter
  - bioteknologiske produkter
  - teknologiske løsninger
- for dermed å gi konkurransedyktige virksomheter.

Fiskeriforskning har ca. 170 ansatte fordelt på Tromsø (120) og Bergen (50). Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen. Norconserv i Stavanger med 30 ansatte er et datterselskap av Fiskeriforskning.

Hovedkontor Tromsø:  
Muninbakken 9-13  
Postboks 6122  
N-9291 Tromsø  
Telefon: 77 62 90 00  
Telefaks: 77 62 91 00  
E-post: [post@fiskeriforskning.no](mailto:post@fiskeriforskning.no)

Avdelingskontor Bergen:  
Kjerreidviken 16  
N-5141 Fyllingsdalen  
Telefon: 55 50 12 00  
Telefaks: 55 50 12 99  
E-post: [office@fiskeriforskning.no](mailto:office@fiskeriforskning.no)

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

# RAPPORT

ISBN-13 978-82-7251-588-0  
ISBN-10 82-7251-588-1Rapportnr:  
14/2006Tilgjengelighet:  
**Åpen**

Tittel:

**Laksebein som ingrediens i fôr til torsk**

Dato:

4. april 2006

Antall sider og bilag:

12

Forskningsjef:

Ola Flesland

Forfatter(e):

Jogeir Toppe og Sissel Albrektsen

Prosjektnr.:

20077

Oppdragsgiver:

Stiftelsen RUBIN

Oppdragsgivers ref.:

Tre stikkord:

Torsk, laksebein, fôr

Sammendrag: (maks 200 ord)

Et laksebeinmel ble testet ut ved gradert innblanding i fôr til torsk i et 11 ukers fôringsforsøk. Forsøket viste at fôropptaket økte i takt med økende nivå laksebein i fôrene, og at det økte inntaket av fôr resulterte i økt tilvekst samtidig som en god fôrfaktor ble opprettholdt. Diettene med laksebein gav økt protein- og stivelsesfordøyelighet ( $P < 0,05$ ). En forklaring kan være at det høye askenivået i fôrene senker passasjehastigheten i tarmen og muliggjør større grad av enzymatisk nedbryting av fôr til komponenter som lett blir tatt opp i tarmen. Selv om fordøyeligheten av fett viste en negativ sammenheng med nivå aske, var den lite påvirket ved nivåer aktuelle for torskefôr. Resultatene tilsier at denne type biprodukt fra laks er velegnet som fôr til torsk, og at resultatene kan anvendes i utvikling av nye og mer effektive fôr til torsk.

# INNHold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiale og metode</b> .....	<b>3</b>
2.1	Råstoff.....	3
2.2	Fôringsforsøk.....	3
2.3	Databehandling.....	4
<b>3</b>	<b>Resultat</b> .....	<b>5</b>
3.1	Vekst fôropptak og fôrutnyttelse.....	5
3.2	Fordøyelighet av næringsstoffer.....	7
3.3	Analyser av helfisk, lever, ryggstøyle og plasma.....	8
<b>4</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>10</b>
4.1	Potensial for økt vekst.....	10
4.2	Kommersialisering.....	11

# 1 Bakgrunn

Det er tid og ressurskrevende å utvikle fôr til nye oppdrettsarter som torsk. Tørrfôr til torsk har i stor grad vært basert på kommersielt tørrfôr til laks, som har blitt modifisert og tilpasset torsken, dvs. med et lavere fett- og høyere proteininnhold. For å kunne optimalisere fôret må vi også se på innholdet av karbohydrat og aske i fôret.

I det fri har torsk et kosthold som skiller seg betydelig fra laksen sitt kosthold. I magen på en torsk tatt opp i kystnære områder vil en ofte finne rester fra krabber, reker, skjell og andre bunndyr. En studie fra kysten av Canada viste et mageinnhold hos torsk på 5-10 % fisk, resten var skalldyr og andre bunndyr (Morris & Green, 2002). Disse har et relativt høyt innhold av mineraler (t.d. krabbeskall og skjell) og kitin (t.d. reke- og krabbeskall). Det er påvist at torsk har et enzym (kitinase) i tarmen, som kan bryte ned kitin (Danulat & Kausch 1984). Med dette som utgangspunkt, har vi grunnlag for å designe fôr bedre tilpasset torsk, ved å inkludere mineral og kitinrike ingredienser. Dette åpner muligheter for bruk av nye fôringredienser basert på biprodukter fra sjømatindustrien.

Ved Fiskeriforsknings avdeling i Bergen har det blitt testet ut ulike typer fôr med høyt askenivå (mineralnivå) til torsk. Fôret ble tilsatt ulike mengder mel basert på et krabbebiprodukt og et mel basert på kolmulebein (Toppe et al., 2005). Biproduktet fra krabbe hadde et askenivå på ca 60 %, mens fiskebeinet hadde ca 30 % aske. De ferdige fôrene fikk et askeinnhold på opptil 18 %. Et økende innhold av krabbeskall gav et høyere inntak av fôr og økt vekst, bare ved det høyeste innholdet av krabbe ble fôreffektiviteten noe redusert. Resultatene med kolmulebein var tilsvarende, men her ble ikke fôreffektiviteten redusert selv med 18 % aske i fôret.

Med et slikt utgangspunkt vil en kunne forvente et tilsvarende resultat ved bruk av laksebein i fôr til torsk. Volumene av laksebein er så store at en kan regne med en jevn og sikker tilførsel av laksebein til fôrindustrien hvis det skulle bli kommersielt interessant. Den globale produksjonen vil ifølge KPMG øke til 2.5 mill. MT i 2010, hvorav 1.4 – 1.5 mill. MT biprodukter. I Norge blir det årlig produsert 600 000 MT laksefisk. Omregnet til laksebein utgjør dette ca 40 000 MT, som igjen vil kunne gi 20 000 MT laksebeinmel. Med dagens grad av foredling på ca 10 %, er det nok råstoff til å produsere 2 000 MT laksebeinmel i Norge, men potensialet er ti ganger større. Med en innblanding på 10 % i fôret vil en kunne produsere 20 000 MT fôr, flere ganger dagens etterspørsel av torskefôr.

Den kommende biproduktforordningen fra EU vil åpne for bruk av biprodukter fra én oppdrettsart til fôring av en annen oppdrettsart ("cross species" problematikken). Forutsatt at også annet regelverk tilpasses en slik aksept (TSE- regelverket), vil det ikke lenger være noe hinder for bruk av laksebiprodukter i fôr til torsk. Forhåpentligvis kan dette komme på plass i løpet av 2006.

Volumene av laksebein er store nok til å kunne sikre jevne leveranser av laksebeinmel til bruk i torskefôr. For at en slik ingrediens skal kunne bli interessant må vi i tillegg kunne dokumentere fordelene ved bruk av laksebein i fôr til torsk. Faktorer som kan påvirke det økonomiske resultatet og kvaliteten av sluttproduktet vil være av avgjørende betydning.

Fiskebein har et høyt askenivå, og vil kunne erstatte makro/mikromineral i fôr til torsk dersom de foreligger på en tilgjengelig form. Dette kan øke kostnadseffektiviteten ved å redusere behovet for å tilsette mineraler i fôret. Det er også en betydelig andel protein i fiskebein, som vil kunne erstatte deler av fiskemelet ytterligere. Om en bruker hele avskjæret

fra laks vil en kunne erstatte en større andel av fiskemelet i tillegg til at behovet for å tilsette marine oljer vil bli redusert.

## 2 Materiale og metode

### 2.1 Råstoff

Enzymatisk hydrolysert råstoff (lakserygger/hoder) fra Biomega ble brukt som utgangspunkt for å fremskaffe laksebein til forsøket. For å ha mest mulig kontroll med effekten av laksebein i fôr til torsk, ble råstoffet omhyggelig vasket med vann for å fjerne rester av kjøtt. De rene laksebeina ble så tørket og malt opp til et mel ved hjelp av en mølletørke.

Tabell 1 Analyserte verdier av laksebein. For sammenligning er det i siste kolonnen tatt med ubehandlet laksebein der kjøtt er fjernet, uten videre prosessering

	Laksebein (enzymatisk behandlet)	Laksebein (ubehandlet)
Råprotein	37,2	32,0
Aske	54,1	25,0
Fett	2,4	36,5
Vann	4,6	4,6



Figur 1 Enzymatisk hydrolysert laksebein ble vasket, tørket og malt til et mel. Laksebeinmelet ble brukt som fôringsrediens i forsøket med torsk

### 2.2 Fôringsforsøk

Med utgangspunkt i et tradisjonelt torskefôr, ble 0, 5, 10, 15, 20 og 25 % laksebeinmel blandet inn i fôret. Tabell 2 viser sammensetningen av diettene fra laksebein-forsøket.

Tabell 2 Hovedingredienser i fôr (%).

Diett nummer	1	2	3	4	5	6
<b>Fiskemel</b>	61	59,3	57,6	55,9	54,2	52,5
<b>Hvete</b>	21,9	18,5	15,1	11,7	8,2	4,8
<b>Fiskeolje</b>	10,7	10,8	10,9	11	11,2	11,3
<b>Laksebein</b>	0	5	10	15	20	25

Alle diettene hadde et proteininnhold på 52 % og et fettinnhold på 17 %. Økende innhold av mineraler fra laksebein erstattet først og fremst karbohydrat i fôret (Tabell 3). Diett 1 inneholdt ikke laksebein, og fungerte som kontroll.

Tabell 3 Hovednæringsstoff i forsøksfôrene (mg/kg)

Diett nummer	1	2	3	4	5	6
<b>Protein</b>	513	519	520	519	515	518
<b>Fett</b>	180	172	170	169	172	169
<b>Stivelse</b>	125	120	97	79	55	39
<b>Aske</b>	92	116	141	162	186	210
<b>Fosfor</b>	15	20	24	28	32	37
<b>Kalsium</b>	21	29	39	47	55	65

Fôringsforsøket på torsk ble gjennomført under kontrollerte betingelser i kar, tre kar à 80 fisk per gruppe. Fisken ble veid og målt ved oppstart og avslutning etter 11 uker. Startvekt var 161 gram. Prøver av helfisk, lever, ryggstøyle og blodplasma ble tatt ut og analysert ved oppstart og avslutning av forsøket.

### 2.3 Databehandling

For å undersøke statistiske forskjeller mellom ulike grupper ble ”Duncan’s multiple range test & critical ranges” brukt. For å se på eventuelle sammenhenger mellom nivå laksebein i fôret og parametre som fôropptak, vekst og utnyttelse av næringsstoffer, ble de kjørt en ”Pearson Product-Moment Correlation” for å se på korrelasjonen mellom askenivå i fôret og aktuelle forsøksparametre.

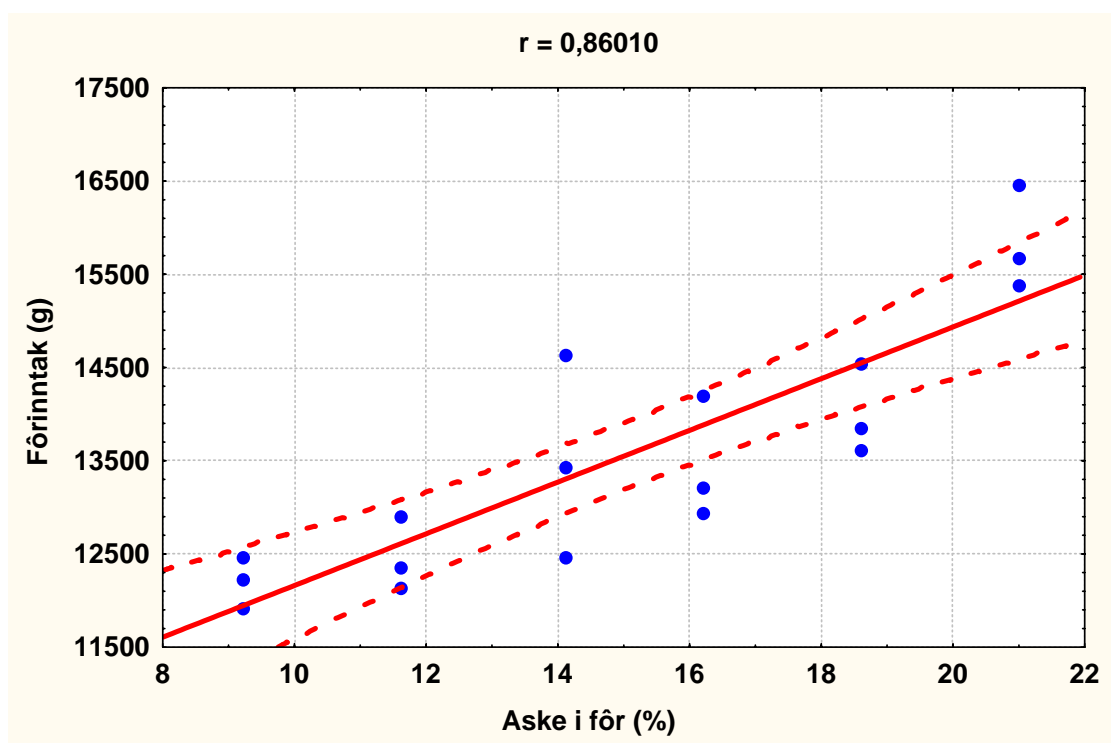


### 3 Resultat

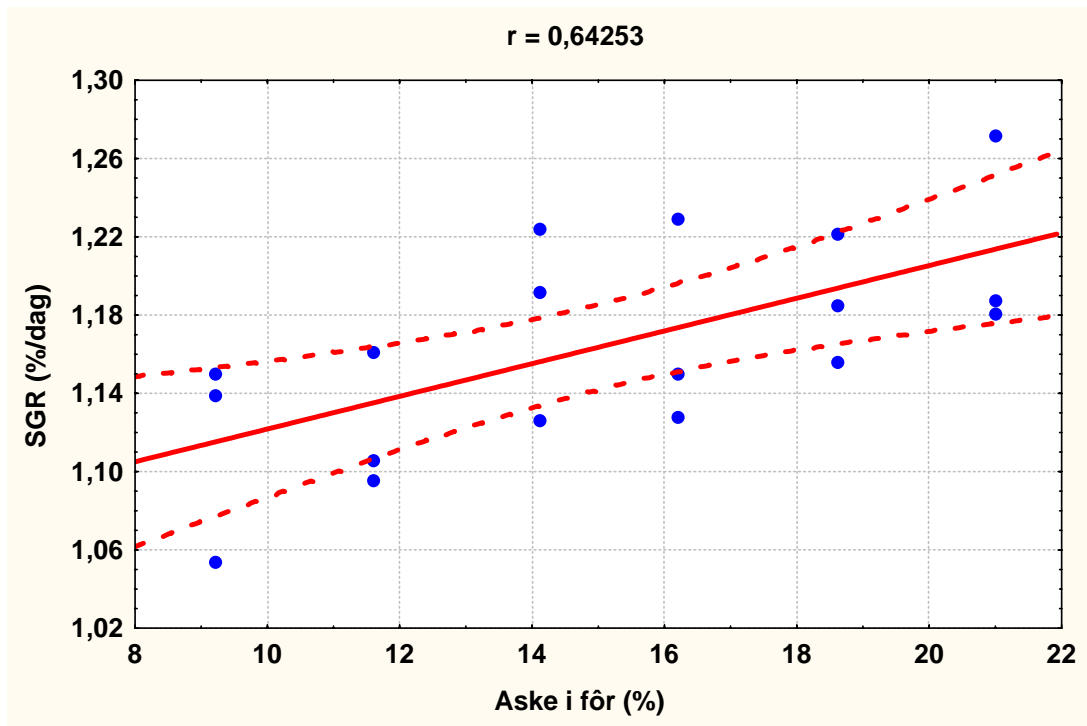
#### 3.1 Vekst fôropptak og fôrutnyttelse

Økende nivå laksebein i fôr til torsk gav et jevnt økende fôropptak. I løpet av en periode på 11 uker spiste torsken med 25 % laksebein i fôret 30 % mer enn de som fikk kontrollfôret med 0 % laksebein (Figur 2). Gruppen fôret med 10 % laksebein spiste 10 % mer sammenlignet med kontrolldietten

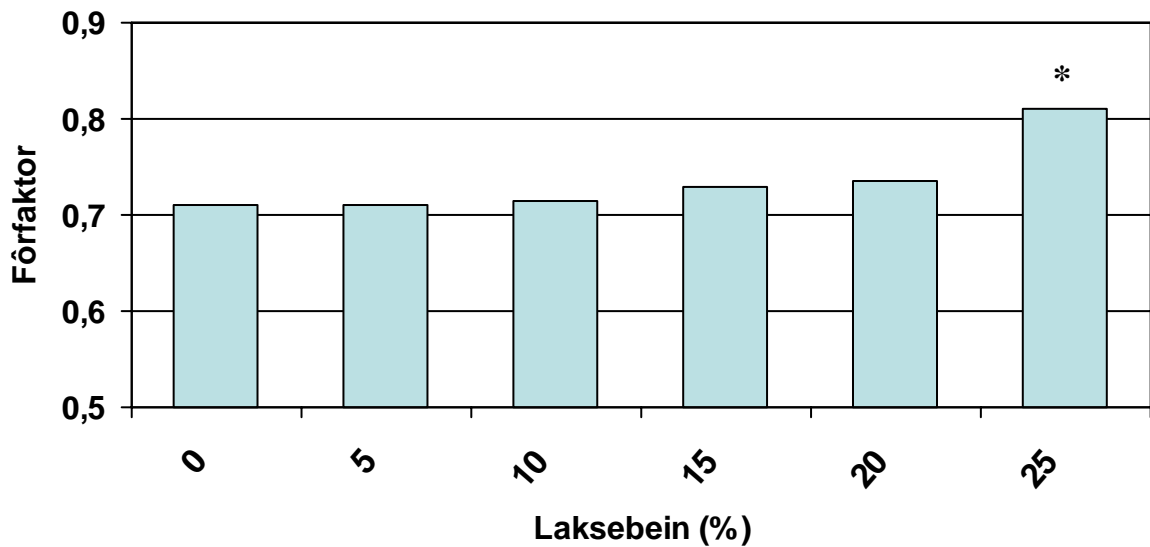
I Figur 3 er den spesifikke tilveksten (% tilvekst per dag, SGR) vist, og vi ser at SGR er korrelert til aske i fôret ( $P < 0,05$ ), og at økende nivå laksebein resulterte i økt vekst. Veksten var størst for gruppen fôret med 25 % laksebein, med en vektøkning 14 % høyere enn kontrollgruppen. For gruppen med 10 % laksebein var den tilsvarende vektøkningen 10 % høyere enn kontrollgruppen.



Figur 2 Sammenhengen mellom fôrinntak og askenivå i fôr til torsk ( $p < 0,01$ )



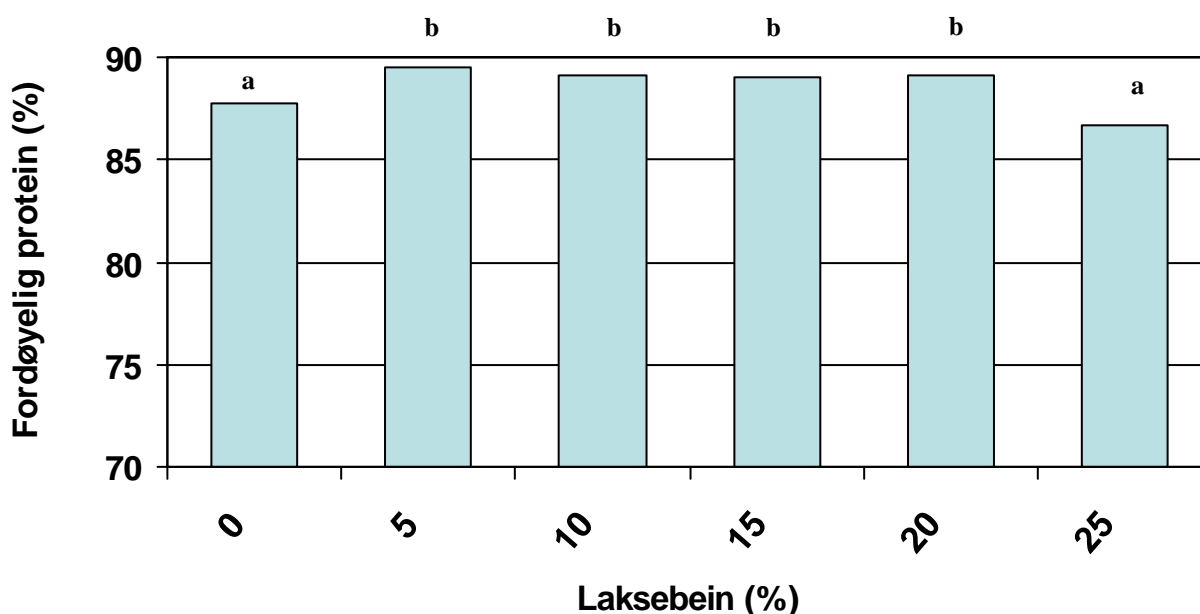
Figur 3 Sammenhengen mellom vekst, vist som spesifikk vekstrate (SGR), og askenivå i fôr til torsk ( $p < 0,05$ )



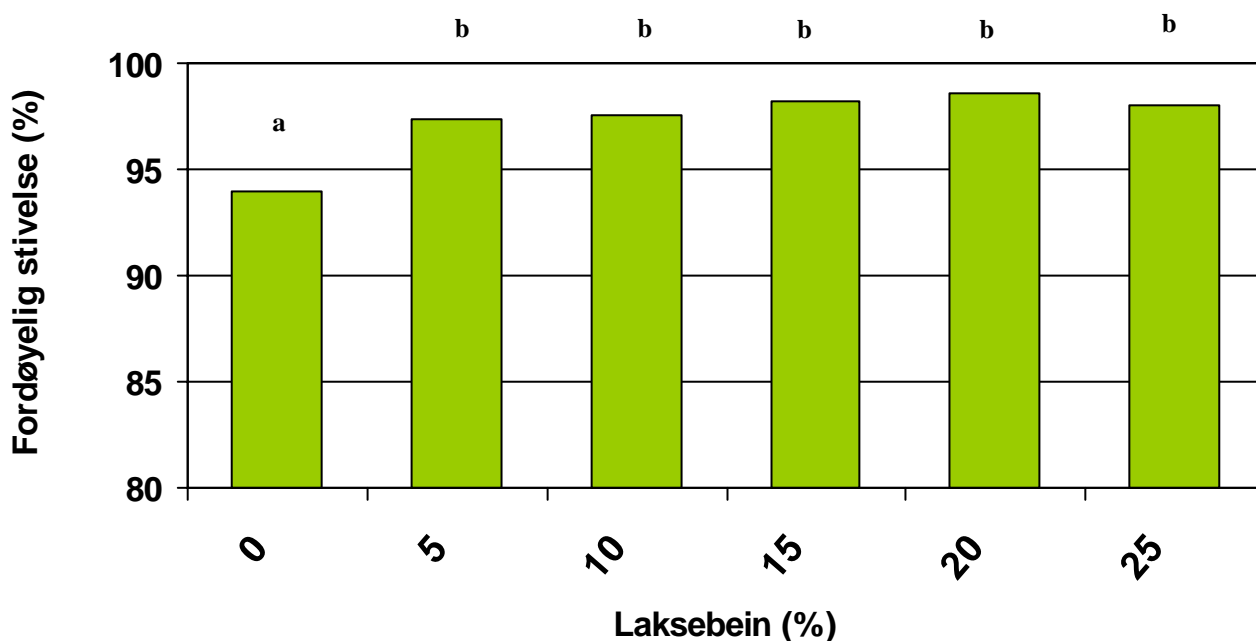
Figur 4 Fôrfaktoren, ( g fôr spist/g tilvekst) for dietter med ulike nivå laksebein. \* indikerer at forskjellen er signifikant  $P < 0,01$

### 3.2 Fordøyelighet av næringsstoffer

Resultatene fra forsøket viser at fordøyeligheten av protein og stivelse økte signifikant ved tilsetning av laksebein i fôret (Figur 5 og Figur 6). Proteinfordøyeligheten økte signifikant ved tilsetning av 5 % laksebein, og holdt seg konstant inntil den gikk ned igjen ved den høyeste tilsetningen av laksebein (25 %). Fordøyeligheten av stivelse økte signifikant ved økende tilsetninger av laksebein, og viste i tillegg en positiv korrelasjonen til nivå aske i fôr ( $r=0,74$ ;  $P<0,01$ ), og en negativ korrelasjon til nivå stivelse i fôret ( $r=-0,66$ ;  $P<0,01$ ).

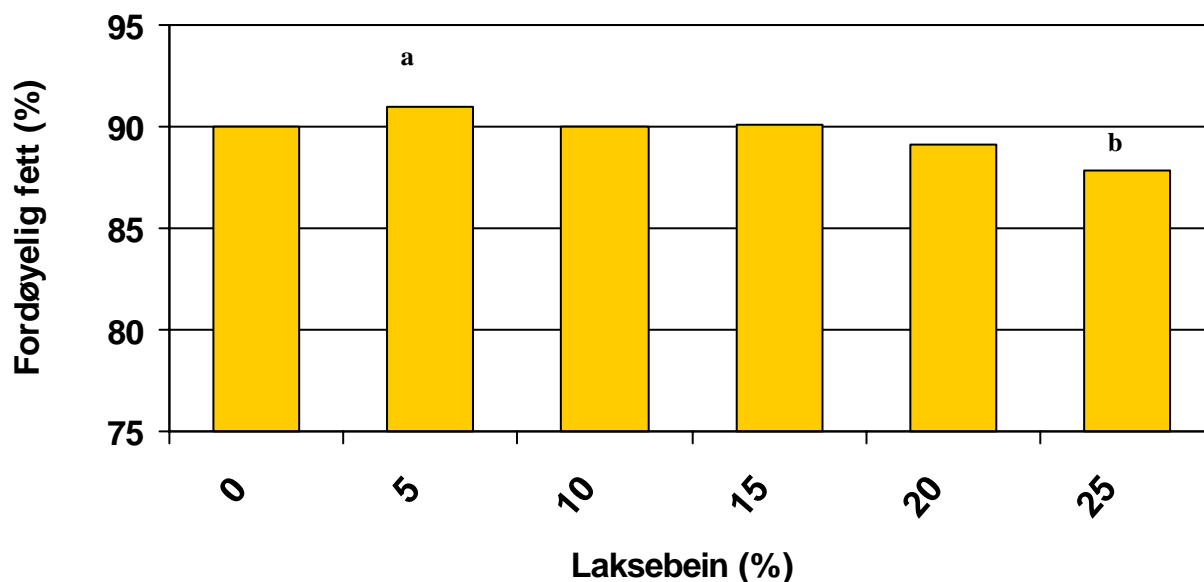


Figur 5 Proteinfordøyelighet. Ulik bokstav indikerer signifikante forskjeller ( $P<0,05$ )



Figur 6 Fordøyelighet av stivelse. Ulik bokstav indikerer signifikante forskjeller ( $P<0,05$ )

Fettfordøyeligheten så ut til å øke svakt ved 5 % tilsetning av laksebein, men ble gradvis redusert ved økende nivå laksebein i fôret (Figur 7). Høyeste tilsetning av laksebein (25 %) gav en signifikant reduksjon i fordøyeligheten av fett sammenlignet med gruppen som fikk 5 % laksebein. Korrelasjonen mellom aske i fôret og fettfordøyeligheten viste en negativ sammenheng mellom nivå laksebein og fordøyeligheten av fett ( $r=-0,57$ ;  $P<0,05$ ). Ved inntil 15 % laksebein i fôret er det likevel ingen reduksjon i fordøyeligheten av fett.



Figur 7 Fettfordøyelighet. Ulik bokstav indikerer signifikant forskjell ( $P<0,05$ )

### 3.3 Analyser av helfisk, lever, ryggstøyle og plasma

Det ble ikke påvist forskjeller i kjemisk sammensetning av ryggstøyle og helfisk som følge av fôring med ulike nivå laksebein, bortsett fra kalsium i ryggstøyle. Gruppen som fikk 25 % laksebein hadde et lavere nivå kalsium i ryggstøyle sammenlignet med gruppene som fikk 10 og 15 % laksebein i fôret ( $P<0,05$ ). Slakteutbyttet og leverindeks var like stor for alle gruppene (Tabell 4). Lengdeveksten var den samme for alle gruppene, men sluttvekten økte med økende nivå laksebein, noe vi også ser ut fra kondisjonsfaktoren som økte for gruppene med 10- 25 % laksebein.

Plasmanivåene av de to enzymene alaninaminotransferase (ALAT) og aspartaminoaminotransferase (ASAT) viste stor variasjon, men syntes ikke å være avhengig av nivå laksebein i fôret. Kolesterolnivåene ble ikke endret, mens nivået av triacylglycerol viser en liten økning, signifikant for de fleste gruppene. Glukosenivået i plasma var negativt korrelert med nivå aske i fôret ( $r=-0,59$ ;  $P<0,01$ ), og positivt korrelert med nivå stivelse i fôret ( $r= 0,58$ ,  $P<0,05$ ). Plasmaproteinet viste en økning hos de gruppene som fikk dietter med laksebein, signifikant for gruppene som fikk 15 % laksebein eller mer.

Tabell 4 Sammensetning av helfisk og ryggbein. Verdier er gjennomsnitt  $\pm$  SD. Ulik bokstav i samme rad viser signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ). \*kondisjonsfaktor, \*\*leverindeks

		Start	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %
			Laksebein	Laksebein	Laksebein	Laksebein	Laksebein	Laksebein
<b>Helfisk:</b>								
Protein	(mg/kg)	154	159 $\pm$ 4	157 $\pm$ 6	157 $\pm$ 3	156 $\pm$ 5	157 $\pm$ 1	159 $\pm$ 4
Fett	(mg/kg)	66	85 $\pm$ 7	90 $\pm$ 6	83 $\pm$ 6	85 $\pm$ 7	82 $\pm$ 6	82 $\pm$ 6
Aske	(mg/kg)	26	27 $\pm$ 1	26 $\pm$ 3	26 $\pm$ 0	24 $\pm$ 2	26 $\pm$ 1	25 $\pm$ 1
Fosfor	(mg/kg)	4,4	4,1 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,3	4,0 $\pm$ 0,1	4,0 $\pm$ 0,2	4,1 $\pm$ 0,2	4,0 $\pm$ 0,3
Tørrstoff	(mg/kg)	241	258 $\pm$ 8	259 $\pm$ 6	254 $\pm$ 8	256 $\pm$ 9	254 $\pm$ 4	250 $\pm$ 5
Br-energi	(kJ/g)	23,5	23,5 $\pm$ 0,5	23,6 $\pm$ 0,5	22,3 $\pm$ 1,6	22,9 $\pm$ 1,3	23,3 $\pm$ 0,6	23 $\pm$ 0,2
K-faktor*	(g/cm <sup>3</sup> )	1,1	1,26 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	1,19 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	1,31 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	1,29 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup>	1,32 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	1,31 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
Slakteutbytte	(%)	84,3	85,3 $\pm$ 0	86,3 $\pm$ 1,5	85,9 $\pm$ 1,1	85,3 $\pm$ 0,3	85,2 $\pm$ 0,9	86,4 $\pm$ 0,9
HIS**	(%)	8,4	10,7 $\pm$ 0,2	9,6 $\pm$ 1,2	10,3 $\pm$ 0,6	10,9 $\pm$ 0,1	10,8 $\pm$ 0,7	9,6 $\pm$ 0,6
<b>Ryggsøyle:</b>								
Fett	(mg/kg)	27	27 $\pm$ 2	27 $\pm$ 1	26 $\pm$ 2	27 $\pm$ 1	25 $\pm$ 3	26 $\pm$ 2
Aske	(mg/kg)	575	576 $\pm$ 4	568 $\pm$ 6	572 $\pm$ 3	572 $\pm$ 4	572 $\pm$ 8	574 $\pm$ 4
Fosfor	(mg/kg)	107	106 $\pm$ 1	105 $\pm$ 1	106 $\pm$ 1	106 $\pm$ 1	106 $\pm$ 1	106 $\pm$ 1
Kalsium	(mg/kg)	228	227 $\pm$ 4 <sup>ab</sup>	227 $\pm$ 4 <sup>ab</sup>	232 $\pm$ 12 <sup>a</sup>	232 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	228 $\pm$ 7 <sup>ab</sup>	219 $\pm$ 5 <sup>b</sup>

Tabell 5 Enzymaktivitet (ASAT, ALAT), kolesterol, triacylglycerol, glukose og protein i plasma, og glykogen i lever. Verdier er gjennomsnitt  $\pm$  SD. Ulik bokstav i samme rad viser signifikant forskjell ( $p < 0,05$ )

		Start	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %
			Laksebein	Laksebein	Laksebein	Laksebein	Laksebein	Laksebein
<b>Plasma:</b>								
Asat	(u/l)	48,8	39 $\pm$ 11	30 $\pm$ 13	54 $\pm$ 35	24 $\pm$ 4	44 $\pm$ 26	28 $\pm$ 10
Alat	(u/l)	11,3	15 $\pm$ 10	11 $\pm$ 4	15 $\pm$ 4	8 $\pm$ 5	14 $\pm$ 2	7 $\pm$ 3
Kolesterol	(mmol/l)	9,16	7,5 $\pm$ 0,2	7,1 $\pm$ 1,4	7,9 $\pm$ 0,2	7,7 $\pm$ 0,3	8,2 $\pm$ 0,2	7,4 $\pm$ 0,8
Triacylglycerol	(mmol/l)	3,9	2,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	2,8 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	2,6 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	2,7 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	3,1 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	2,8 $\pm$ 0,1 <sup>bc</sup>
Glukose	(mmol/l)	3,12	3,9 $\pm$ 0,3	3,7 $\pm$ 0,6	3,5 $\pm$ 0,2	3,4 $\pm$ 0,5	3,3 $\pm$ 0,2	3,2 $\pm$ 0,2
Protein	(g/l)	38,3	36 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	37,5 $\pm$ 2,3 <sup>ab</sup>	37,7 $\pm$ 0,3 <sup>ab</sup>	38,8 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>	41 $\pm$ 0,6 <sup>b</sup>	38,9 $\pm$ 1 <sup>b</sup>
<b>Lever:</b>								
Glykogen	(mg/g)	27,7	25,8 $\pm$ 8,7 <sup>ab</sup>	22,2 $\pm$ 7,2 <sup>a</sup>	31,5 $\pm$ 0,4 <sup>ab</sup>	34,5 $\pm$ 3,3 <sup>b</sup>	32,4 $\pm$ 3,4 <sup>ab</sup>	26,6 $\pm$ 5 <sup>ab</sup>

## 4 Diskusjon

### 4.1 Potensial for økt vekst

Laksebein i fôr til torsk ser ut til å gi økt fôropptak samtidig som fôret blir effektivt utnyttet. Ut fra resultatene ser det ut til at oppimot 20 % rene laksebein (uten rester av kjøtt) kan blandes i torskefôr uten at fôrfaktoren blir nevneverdig påvirket. Det økte fôropptaket kombinert med den gode fôrutnyttelsen gjør at fisken vokser raskere, noe korrelasjonen mellom den spesifikke vekstraten og nivå aske i fôret viste. Likevel var det bare gruppen med 25 % laksebein i fôret som hadde en signifikant bedre vekst sammenlignet med kontrollgruppen, men her ble fôreffektiviteten dårligere.

Beregnete mengder karbohydrat i fôret gikk fra 17,2 % i kontrolldietten til 4,8 % i dietten med mest laksebein. Den delen av karbohydratene som kan fordøyas av fisken består stort sett av stivelse. Analyser av stivelse i de ulike fôrene viste nivå fra 12,5 % til 3,9 %. I dette forsøket var fordøyeligheten av stivelse god for alle gruppene, men statistisk sett var fordøyelighetene av stivelse i kontrolldietten dårligere enn i de andre gruppene. Tidligere studier på torsk, har vist at det ikke er forventet redusert fordøyelighet av stivelse før nivåene i fôret overstiger 20 %, langt over nivåene i forsøksdiettene.

Proteinfordøyeligheten var god for alle gruppene, men økte likevel med 2 % allerede ved lave tilsetninger av laksebein. Dietter med 25 % laksebein gav signifikant redusert protein og fettfordøyelighet sammenlignet med de andre gruppene som fikk laksebein, noe som delvis kan forklare den reduserte fôrfaktoren for denne gruppen. En mulig forklaringsmodell på de positive effektene av laksebein, kan være at høyt nivå aske i fôr til torsk kan senke passasjehastigheten i tarmen og muliggjøre en større grad av enzymatisk nedbryting av fôr til komponenter som lett blir tatt opp i tarmen. Ut fra korrelasjon med nivå aske ble fordøyeligheten av fett redusert ved økende nivå laksebein. En mulig forklaring på dette kan være at kalsium fra laksebeina binder seg til fettsyrer i tarmen, og hemmer opptaket av fett. Likevel kan vi ut fra Figur 7 se at fettfordøyeligheten ikke er redusert ved nivåer av laksebein <20 % i fôret.

Når en ser på nivåene av aske og fosfor i helfisk er det lite som tyder på at laksebein i fôret har påvirket mineralisering hos torsk. Nivåene av aske og fosfor i ryggsoylen viser det samme, mens kalsiumnivået varierer noe mellom diettgruppene. Nivåene av kalsium i ryggsoylen har en økende tendens helt opp til gruppene som fikk 10 og 15 % laksebein i fôret. Ved 25 % laksebein i fôret er kalsiumnivået i ryggsoylen redusert signifikant i forhold til disse gruppene. Det er kjent at høye nivå av kalsium kan ha negativ effekt på utnyttelsen av andre næringsstoff, spesielt på utnyttelsen av andre mineraler. I dette forsøket ser det ut som om ekstreme nivå kalsium i fôr (6,5 % av fôret) gir redusert kalsium nivå i bein hos torsk.

Plasmaprøvene ble tatt på sultet fisk for at plasmaverdiene skulle reflektere status i fisk og ikke nødvendigvis diettsammensetningen. Vi ser at protein-nivåene i plasma øker signifikant når nivået av laksebein i fôret øker. En korrelasjon viser en sterk positiv sammenheng mellom protein-nivå i plasma og askenivået i fôret fisken har spist ( $r=0,66$ ;  $P<0,01$ ). Ved å korrelere stivelse i diett mot protein i plasma ser vi en tilsvarende negativ sammenheng ( $r=-0,65$ ;  $P<0,01$ ). Dette er som forventet siden stivelse i forsøksdiettene ble byttet ut med aske ved tilsetningen av laksebein. Fra tidligere forsøk med varierende mengde stivelse i fôr til torsk, har en ikke funnet forskjeller av betydning selv om stivelsesnivået har vært opp mot 20 % i

fôret. De økende nivåene av aske vil derfor kunne forklare noe av de positive effektene som ble funnet ved tilsetning av laksebein i fôr til torsk.

Ved å korrelere glukose i plasma mot nivå aske i fôret finner vi en negativ sammenheng ( $r=-0,59$ ;  $P<0,01$ ), korrelasjonen av stivelse i diett mot glukose i plasma gir en tilsvarende positiv sammenheng ( $r=0,58$ ;  $P<0,05$ ). Reduserte nivåer av stivelse i fôret kan ha ført til mindre akkumulert karbohydrat i fisken, og dermed også en lavere omsetning av karbohydrater i den sultede fisken. Likevel ser en at glykogenlageret i lever ikke er redusert hos gruppene med lavt nivå stivelse (høyt nivå laksebein), så det kan være andre forklaringsmodeller til dette.

## 4.2 Kommersialisering

Forsøket med laksebein i fôr til torsk viste økende fôropptak og vekst når nivået av aske i fôret økte (signifikant korrelasjon). Samtidig ble fôreffektiviteten opprettholdt med nivå av vasket laksebein opp til 20 %, laksebeinmelet erstattet her 10 % av fiskemelet (fiskemel i fôret ble redusert fra 61% til 54%) og 56 % av stivelsen. Dersom en bruker ubehandlet laksebein (Tabell 6) vil fettinnholdet i laksebeina også kunne erstatte det meste av marin olje i fôret, samtidig som en større del av det marine proteinet vil kunne erstattes. Ved å bruke ubehandlet bein vil en teoretisk kunne øke innholdet av laksebein til 40% uten at askeinnholdet i fôret blir for høyt.

Som et eksempel er det i Tabell 6 satt opp et beregningseksempel der en bruker 15 % enzym-behandlet laksebein og 30 % ubehandlet laksebein i fôret. I eksempelet er det satt en pris på 2 kr/kg på laksebeinet. Beregningene viser at prisen på laksebein (ubehandlet) kan være inntil 4 kr/kg før prisen på dette fôret overstiger produksjonsprisen på referansecfôret. Potensielle fordeler med et slikt fôr, som hurtigere vekst, er ikke vurdert i prissammenligningen.

For å lykkes med kommersielt oppdrett av torsk er det en forutsetning å finne frem til råvarer og fôrsammensettinger som kan redusere fôrkostnadene og samtidig gi gode produksjonsresultater.

Tabell 6 Tabellen viser kjemisk sammensetning av fôr og et estimat på kostnader ved bruk av laksebein i fôr til torsk. For sammenligning er det tatt med et ubehandlet laksebein. Pris på fiskemel og fiskeolje er snittpriser for 2005. Prisene på de andre ingrediensene er mindre sikre, men gir i dette eksempelet mindre utslag på sluttprisen

	Referansefôr	Fôr med enzymatisk behandlet laksebein	Fôr med ubehandlet laksebein	
<b>Kjemisk sammensetning:</b>				
Protein	54,0	54,0	53,9	
Fett	16,0	16,0	16,0	
Karbohydrat	14,3	6,8	7,9	
Aske	10,0	17,1	15,7	
Vann	7	7	7	
<b>Ingredienser:</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>Pris (kr/kg)</b>
Fiskemel	69,9	64,8	58,6	5,50
Laksebein (enz. behandlet)	0	15	0	2
Laksebein (ubehandlet)	0	0	30	2
Fiskeolje	10,1	10,5	0,3	4,50
Hvete	18,6	10,5	9,7	1
Vitaminblanding	1,0	1,0	1,0	15
Mineralblanding	0,5	0	0	5
<b>Pris ferdig fôr (kr/kg)</b>	<b>4,66</b>	<b>4,59</b>	<b>4,08</b>	





# Fiskeriforskning

Hovedkontor Tromsø:  
Muninbakken 9-13  
Postboks 6122  
N-9291 Tromsø  
Telefon: 77 62 90 00  
Telefaks: 77 62 91 00  
E-post: [post@fiskeriforskning.no](mailto:post@fiskeriforskning.no)

Avdelingskontor Bergen:  
Kjerreidviken 16  
N-5141 Fyllingsdalen  
Telefon: 55 50 12 00  
Telefaks: 55 50 12 99  
E-post: [office@fiskeriforskning.no](mailto:office@fiskeriforskning.no)

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

ISBN-13 978 82-7251-588-0  
ISBN-10 82-7251-588-1  
ISSN 0806-6221