

# ÅRSBERETNING 2000



Fiskeridirektoratet Biblioteket  
FISKDIR Søkerom eks. 1  
Årsberetning vedkommende Norges  
2000 Nr 4 Ern.inst.



H02000967

2002-02-19

## INNHold

FORORD .....	3
INSTITUTTETS ORGANISATORISKE PLASSERING .....	4
INSTITUTTETS PERSONALE .....	5
MEDLEMMER OG VARAMEDLEMMER I RÅDET .....	6
REGNSKAP .....	7
FORSKNINGSSTRATEGI 1998–2001 .....	8
ERNÆRINGSBETINGET EGGKVALITET HOS KVEITE .....	11
VELLUKKA ISOLERING, DYRKING OG STIMULERING AV PRIMÆRE LEVERCELLER FRÅ ATLANTISK LAKS (SALMO SALAR L.) .....	14
MARINE FEITTSYRER I RELASJON TIL MAGE-TARMBETENNELSE .....	17
TRANSPORT OG METABOLISME AV FETT HOS ATLANTISK LAKS .....	20
FETTSYRESAMMENSETNING OG STRÅLEPROKTITT .....	21
SAFE SEAFOOD-RISK ASSESMENT OF FISH FEEDS .....	23
VIL DET VÆRE MULIG Å DYRKE BLÅSKJELL TIL KONSUM I HARDANGERFJORDEN I FREMTIDEN? .....	24
ANALYSE AVA ULIKE FORMER AV VITAMIN B6 VED HJELP AV HPLC .....	26
FORSKNINGSPROSJEKTER .....	29
UNDERVISNING, RÅD OG UTVALG .....	31
PUBLIKASJONER: .....	33
INTERNASJONALE PUBLIKASJONER .....	33
FOREDRAG / PLAKATER / INTERNASJONALE MØTER ETC. ....	35
POPULÆRVITENSKAPELIGE ARTIKLER .....	36
FOREDRAG / PLAKATER / NASJONALE MØTER .....	37
RAPPORTER .....	38

*Forsidefoto:*

© Dag Paulsen, Fiskeridirektoratet, Nordnes-, Bergen



# FORORD

Trygg sjømat ble også i år 2000 et område som kom mye i fokus og tok betydelige andeler av instituttets ressurser. Dette er et felt hvor Ernæringsinstituttet er under oppbygging slik at vi på en enda bedre måte kan løse fremtidens oppgaver. Instituttet ønsker å profilere trygg & sunn sjømat som et helhetlig forskningsfelt. Dette er et forskningsområde hvor Norge bør vær i fronten internasjonalt.

Instituttet har også merket at resultatene fra forskningsfeltet fiskeernæring blir mer og mer benyttet av forvaltning og næring. Dette er svært positivt og det blir en utfordring å opprettholde det nivået og den sentrale rolle dette feltet har i instituttet.

I år ble det ingen økning i antall internasjonal artikler pr. forskerårsverk. Det skyldes nok delvis økende antall forvaltningsoppgaver, sammenslåingsprosessen samt noe tilfeldigheter. Men det er samtidig et varsel som instituttet må ta på alvor, det vil i fremtiden være viktig å ha høy publiseringsrate.

Det ble i midten av året gitt klar-signal fra Fiskeridepartementet til å slå sammen Sentrallaboratoriet og Ernæringsinstituttet til et Institutt. Dette ble gjort på bakgrunn av et internt laboratorie utvalg i Fiskeridirektoratet som foreslo en slik sammenslåing.

Prosessen knyttet til sammenslåingen tok nødvendigvis mye tid og ressurser ved Sentrallaboratoriet og Ernæringsinstituttet. Denne ble gjennomført med to samlinger i Kinsarvik med påfølgende gruppearbeid internt i Bergen. Gjennomføringen av denne prosessen har vært positiv med god medvirkning fra de ansatte og instituttet hadde sin nye organisasjonsstruktur klar som planlagt ved årsskiftet.

Utfordringene fremover blir å opprettholde og utvikle de positive holdninger, kreativiteten og dynamikken i den nye organisasjonen. Det er også behov for ekspansjon de nærmeste årene. Instituttet må også videreutvikle samarbeidet med UiB på undervisningsfeltet slik at det dekker hele bredden innen fiskeernæring, trygg & sunn sjømat. I tillegg er det en kontinuerlig prosess å vedlikeholde og fornye det samarbeidsnettverket instituttet har nasjonalt og internasjonalt. Dette vil være avgjørende for om Instituttet også i fremtiden vil fremstå som et godt forskningsinstitutt til nytte for forvaltningen og norsk fiskerinæring.



Direktør Øyvind Lie.  
(Foto: Dag Paulsen)

*Øyvind Lie*

Øyvind Lie  
Direktør

# INSTITUTTETS ORGANISATORISKE PLASSERING

## Administrasjon:

Direktør dr. philos Øyvind Lie

Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt er organisert som følger (se organisasjonskart):

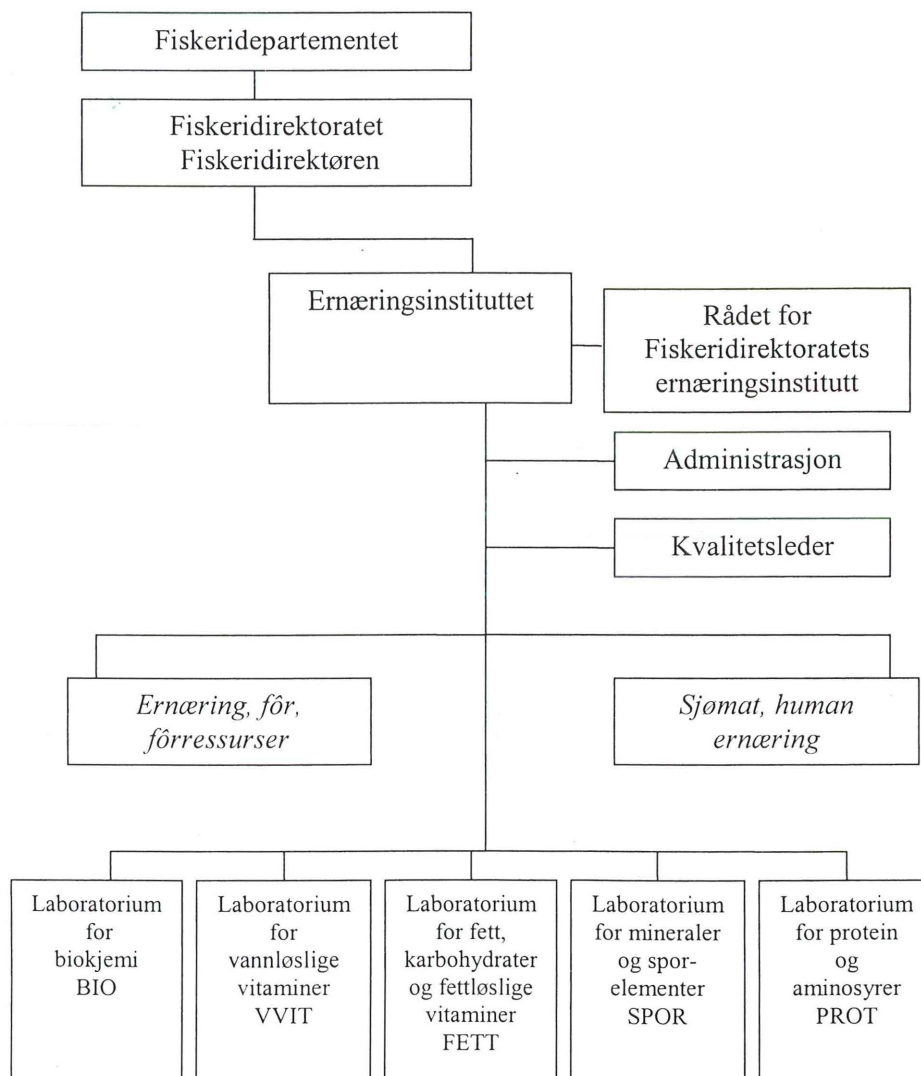
Ernæring, fôr og fôrressurser, ansvarlig dr scient Rune Waagbø  
 Laks, dr scient Rune Waagbø  
 Marin fisk, dr scient Kristin Hamre  
 Fôrressurser, dr scient Gro-Ingunn Hemre

Sjømat i human ernæring, ansvarlig dr philos Kåre Julshamm  
 Ernæring – kvalitet, dr scient Marit Espe  
 Ernæring – miljø, dr philos Kåre Julshamm  
 Ernæring – helse, dr philos Einar Lied

Instituttet har fem laboratorier:

Laboratorium for biokjemi, laboratorieleder Betty Irgens  
 Laboratorium for vannløselige

vitaminer, laboratorieleder Vibecke Asphaug  
 Laboratorium for fett, karbohydrater og fettløselige vitaminer, laboratorieleder Annbjørg Bøkevoll  
 Laboratorium mineraler og spor-elementer, laboratorieleder Jorun Haugsnes  
 Laboratorium for protein og aminosyrer, laboratorieleder Torill Berg





# **I** NSTITUTTETS PERSONALE

## OVERSIKT OVER PERSONALET PR. 31.12.2000

### **Fast ansatte:**

#### *Direktør:*

Lie, Øyvind (dr. philos)

#### *Forsker:*

Espe, Marit (dr. scient)  
Frøyland, Livar (dr. philos)  
Haldorsen, Anne-Katrine Lundebye (dr. scient)  
Hamre, Kristin (dr. scient)  
Hemre, Gro-Ingunn (dr. scient)  
Julshamn, Kåre (dr. philos)  
Lied, Einar (dr. philos)  
Nortvedt, Ragnar (dr. scient)  
Waagbø, Rune (dr. scient)

#### *Avd.ingeniør:*

Ask, Kjersti  
Asphaug, Vibecke  
Bargård, Siri  
Berg, Torill  
Birkenes, Anita  
Brenna, Jan  
Bøkevoll, Annbjørg  
Gjerdevik, Kathrin  
Haugnes, Jorun  
Irgens, Betty  
Nguyen, Thu Thao  
Rød, Kari Elin Langeland (perm f.o.m. 25. 2)  
Solli, Berit Engen

#### *Laborantleder:*

Eidsvik, Tonja Lill (80%)  
Erdal, Edel  
Fauskanger, Vidar  
Heltveit, Aase  
Johannessen, Tove (sluttet 30.9)  
Kaland, Gunn-Beate B. (perm. f.o.m. 1.5)  
Kallestad, Idun  
Rygg, Margrethe  
Sedal, Laila Oksholm  
Wessels, Jacob

#### *Driftsleder:*

Aase, Anne Margrethe

#### *Konsulent:*

Bjørvang, Kjell Rune (perm. f.o.m. juli)  
Myklebost, Unn (f.o.m. 1.9)

#### *Førstekonsulent:*

Fjeldstad, Leikny  
Johannessen, Svein Erik (vikar f.o.m. juli)

#### *Sekretær:*

Lygre, Inger-Marie (perm. t.o.m. 20.8.2001)  
Lone, Wenche (vikar, t.o.m. 20.8.2001)

#### *Renholdsbetjent:*

Meyer, Berit

### **Prosjektansatte:**

#### *Forsker:*

Berge, Gerd Eikeland (dr. scient 14.4)  
Berntsen, Marc (dr.scient 2.10)  
Brønstad, Ingeborg (cand. scient, f.o.m 11.1 t.o.m 12.4)  
Duinker, Arne (cand. scient)  
Kolås, Kjersti (cand. scient)  
Kvåle, Audil (cand. agric)  
Liaset, Bjørn (cand. scient)  
Mari Moren (cand. scient, f.o.m 28.3)  
Mæland, Anne (t.o.m. 21.3)  
Torstensen, Bente (dr.scient 25.8)

#### *Stipendiat:*

Breck, Olav (dr. stipendiat f.o.m. 14.8)  
Dahl, Lisbeth Jane (dr. stipendiat perm t.o.m. 1.6)  
Graff, Ingvild Eide (dr. stipendiat)  
Tonheim, Sigurd (dr. stipendiat f.o.m. 7.2)  
Ørnsrud, Robin (dr. stipendiat)

#### *Avd.ingeniør:*

Brønstad, Ingeborg (vikar f.o.m 13.4 t.o.m 12.12)  
Indresøvdde, Kristin (vikar f.o.m. 7.2)

### **Lærlinger:**

Klementsens, Stig Hugo (t.o.m. 30.8)  
Flatseth, Ørjan  
Bagge, Tine (f.o.m. 4.9)

### **Gjestestudent:**

Elin Østmo Sæther (f.o.m 1.2 t.o.m 31.7)

### **Hovedfagsstudenter:**

Almelid, Marit  
Bere, Elling Tufte (eksamen 24.1)  
Bertelsen, Hege (eksamen 19.9)  
Bjelland, Linn Anne (eksamen 14.12)  
Fismen, Ragnhild  
Hagenes, Thomas  
Håvåg, Jan Helge  
Jakobsen, Tone  
Michelsen, Ole-Jørgen (eksamen 15.12)  
Moren, Mari (eksamen 17.3)  
Norli, Bente Iren  
Opsahl, Jill Anette (fra 3.3)  
Owusu-Amoako, Margareth (Senter for Internasjonal Helse/FEI, fra 3.3)  
Sagstad, Anita  
Sanden, Monica  
Solberg, Cathrine Børufsen (Kjemisk inst./FEI, eksamen 3.7)  
Stubhaug, Ingunn  
Torpe, Eili Kristin (Kjemisk inst./FEI, eksamen 1.9)  
Tuwor, Georg (Senter for Internasjonal Helse/FEI, eksamen 8.5)  
Øfsti, Anders (HI/FEI, eksamen i februar)



## EDLEMMER OG VÅR- MEDLEMMER I RÅDET FOR

FISKERIDIREKTORATETS ERNÆRINGSINSTITUTT  
TIL 31.12.2001

### Leder, nestleder og medlemmer

#### Leder

Professor Åshild Krogdahl,  
Norges veterinærhøgskole

#### Nestleder

Prosjektleder Finn Hallingstad, T. Skretting AS

#### Medlem

Avdelingsleder Bjarne Aalvik, Fiskeridirektoratet

1.amanuensis Elin Kjørsvik,  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Seksjonsleder Kirstin Færden,  
Statens Næringsmiddeltilsyn

Professor Erling Christiansen,  
Universitetet i Oslo

Direktør Agnar Moe, Fiskeri- og  
Havbruksnærings Landsforening

Professor Gunhild Hølmer,  
Danmarks tekniske høyskole

Forsker Livar Frøyland,  
Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt

### Varamedlemmer (3 i numerisk rekkefølge)

Matfaglig konsulent Ingebjørg Moe, Eksportutvalget for fisk

Forsker Astrid Nilsson,  
MATFORSK

Dr. scient Torbjørn Åsgård,  
Akvaforsk

### Ansatte

Forsker Gro-Ingunn Hemre,  
Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt

### Observatører

Fiskeridepartementet  
Fiskeridirektoratet  
Norges Forskningsråd  
REGNSKAP



Rådet for Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt:

Fra venstre: Agnar Moe, Bjarne Aalvik, Livar Frøyland, Erling Christiansen, Finn Hallingstad, Gunhild Hølmer, Elin Kjørsvik, Åshild Krogdahl, Kirstin Færden. (Foto: Dag Paulsen).



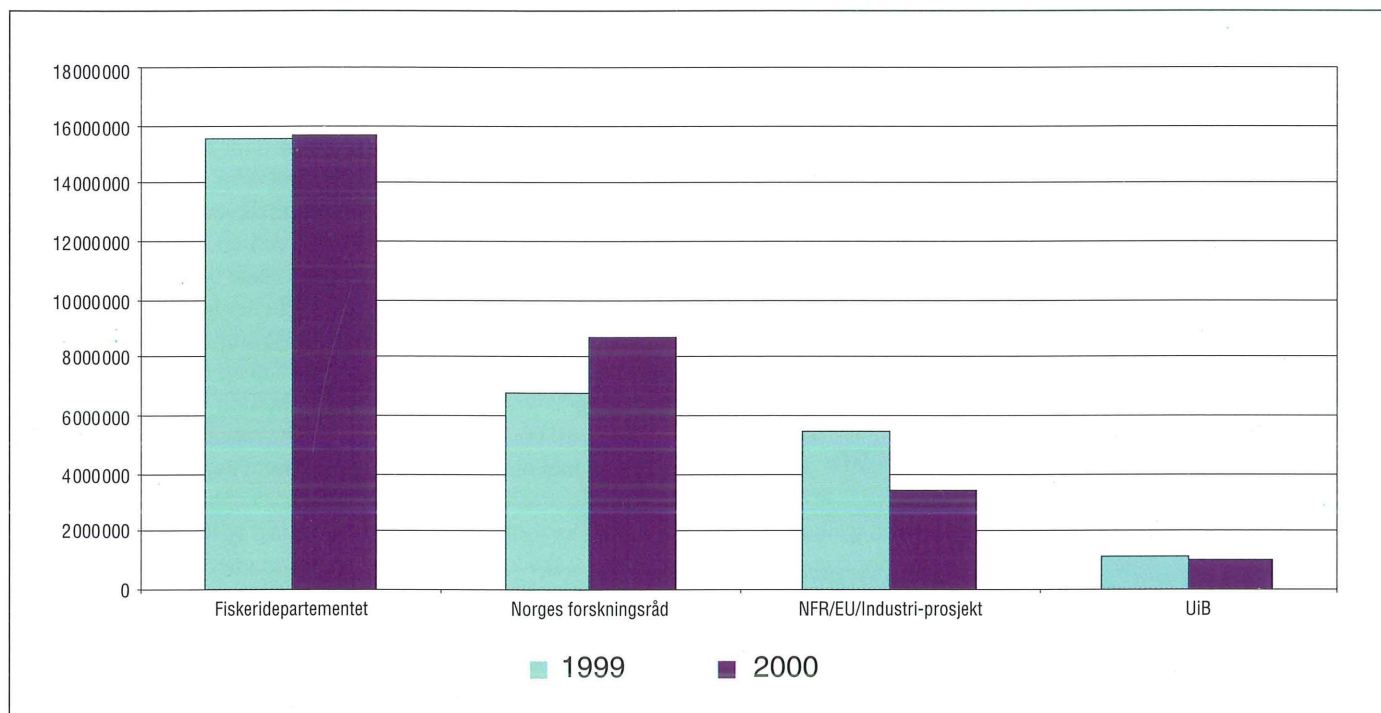
# B REGNSKAP

**A: MIDLER OVER FISKERIDEPARTEMENTETS BUDSJETT KAP. 1023:**

	1999	2000
Lønn og godtgjørelse	8.887.000	9.198.000
Varer og tjenester	6.684.000	6.654.000
	15.571.000	15.690.000

**B. EKSTERNE FORSKNINGSMIDLER:**

NFR 100%	6.801.000	8.722.000
NFR/industri, EU, ren industri og diverse prosjekter	5.474.000	3.421.000
Sum UiB: Prof. II, stipendiater og annum	1 089 000	971 000
Eksterne forskningsmidler	13.365.000	13.114.000
SUM A og B	28.935.000	28.804.000



Finansieringskilder 1999 og 2000

# FORSKNINGSSTRATEGI FOR PERIODEN 1998–2001

## OVERORDNET MÅLSETTING KNYTTET TIL ERNÆRING – KVALITET

Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt forskningsområder tar utgangspunkt i overordnede politiske mål, og de behov og utfordringer en samlet fiskeri- og havbruksnæring står overfor. Instituttet skal framskaffe kunnskap og være premissleverandør til en fiskeri- og havbruksnæring som er i vekst, og som har et betydelig potensial for å styrke sin posisjon som en lønnsom og livskraftig næring. Forskning bidrar i stigende grad til å styre utviklingen, og blir et stadig viktigere redskap til å fremme verdiskaping.

## OVERORDNET MÅLSETTING KNYTTET TIL ERNÆRINGSFORSKNING (Formålsparagraf)

Forskningsinnsatsen vil være rettet mot oppgaver som krever straksløsninger og mot oppgaver av mer langsiktig karakter og rammen er gitt i instituttets formålsparagraf:

- å arbeide for norsk fiskerinæring samt være rådgiver for fiskerimyndighetene i ernæringsspørsmål.
- å drive forskning i tilknytning til fisk og andre marine ressurser som næringsmidler i human ernæring og som førmidler.
- å drive ernæringsstudier på akvatiske arter i oppdrett.
- å utvikle analysemetoder for næringsmidler med spesiell vekt på marine produkter.
- å informere om sine forskningsresultater og ellers fremme opplysning om fisk i ernæring.

*Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt har som mål å arbeide i den internasjonale forskningsfronten på følgende områder.*

### 1. ERNÆRING, FÔR OG FÔRRESSURSER

### 2. SJØMAT I HUMAN ERNÆRING

### 1. ERNÆRING, FÔR OG FÔRRESSURSER

Forskningsaktiviteten ved instituttet skal inkludere hele verdikjeden fra råvarer til fôr, via fôrutnyttelse til produktkvalitet.

Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt har fått en viktig rolle som kompetansesenter og faglig rådgiver knyttet til Lov om fôrvarer. Nye forskrifter om tilsyn med fôr til fisk er utarbeidet. Internasjonalt er fôrvarer gjenstand for strenge reguleringer, men disse regulering-

ene er lite tilpasset fôr til fisk. Forskning er viktig for å gi et vitenskapelig grunnlag for forvaltningen av fôrforskriftene til fisk.

#### 1.1 Ernæring hos laksefisk

Atlantisk laks vil også i fremtiden være den viktigste arten i norsk havbruksindustri. Forskningsinnsatsen på laks og laksefisk må derfor videreføres. Fôrkostnadene utgjør for tiden mellom 50 og 60% av de variable kostnadene ved produksjon av oppdrettslaks. Dagens fôrkonsept kan forbedres, særlig med hensyn på ernæringsmessig riktig sammensetning i forhold til fôrutnyttelse, fiskehelse og produktkvalitet. Forskningsinnsats knyttet til ernæring og fôr hos laks er derfor viktig for en bedret kostnadseffektivitet og konkurransevne i havbruksnæringen. Videreutvikling av basiskunnskap gjennom målrettet grunnforskning er et sen-

tralt element, både i denne sammenhengen og som kunnskapsgrunnlag for forvaltningsmessige tiltak overfor havbruksnæringen. Slike tiltak kan være knyttet til fôrforskrifter, eller til produksjonsregulerende tiltak som periodevis sulting eller innføring av fôrkvoter.

Forskning rettet mot ernæringskunnskap og førsammensetning i kombinasjon med fôringstrategi og driftsrutiner vil være viktig for å redusere negative miljøpåvirkninger av oppdrett. I dette ligger utvikling av fôr som gir bedre -fordøyelighet og fôrutnyttelse, samt redusert fôrtap til det marine miljø.

Prioriterte forskningsoppgaver:

- Optimalisere fôr til laksefisk med hensyn på vekst, fôrutnyttelse, helse og produktkvalitet
- Utvikle fôr og fôringstrutiner som reduserer negative miljøpåvirkninger ved oppdrett av laksefisk



- Vurdere toksikologiske virkninger av høye verdier av nærings- og fremmedstoffer i fôr til laksefisk

### 1.2 Ernæring hos marine arter

Kultivering av marine fiskearter forutsetter at det utvikles en sikker og kostnadseffektiv produksjon av yngel. Fôr- og ernæringsforskning vil være en nøkkelfaktor for å løse problemet med startfôring og tilvenning til formulert fôr. For kveite er det viktig at forskningen også knyttes til fôr og ernæring av matfisk. Forskningsinnsatsen konsentreres om å utvikle fôrtyper og fôringsrutiner som gir optimal fôruttnyttelse, vekst, helse og produktkvalitet.

En stabil tilgang på råstoff er viktig for næringsmiddelindustrien. Levendelagring av marine arter (f. eks. torsk, makrell og sei) vil være et viktig virkemiddel mot sesongavhengige variasjoner i råstofftilgangen og en kvalitetsendring ved lagring uten fôring. Kunnskap knyttet til fôring i forbindelse med «lagring» av de ulike artene er derfor nødvendig.

Skalldyr er bra næringsmidler med store markedspotensialer og med gode muligheter for oppdrett i norske farvann. Kamskjell er spesielt prioritert i følge «Havbruksmeldingen». For at kamskjellproduksjonen skal bli en lønnsom næring kreves det blant annet utvikling av formulert fôr, for å øke kvaliteten på sluttproduktet og korte inn produksjonstiden.

Prioriterte forskningsoppgaver:

- Optimalisere levende- og formulert fôr til kveite
- Optimalisere vekstfôr til kveite.
- Etablere kunnskap om levende fanget og låssatte marine fiskeslag med hensyn på overlevelse,

- helse, fôring, vekst og kvalitet
- Formulert fôr til kamskjell

### 1.3 Fôr og fôrressurser – biprodukter

Marine råvarer utgjør hovedandelen i fiskefôr, og Norge er i den fordelaktige situasjon å ha tilgang på egne fôrressurser (industrifisk) til oppdrett. Men marine fôrressurser må utnyttes optimalt, og det arbeides videre med å utvikle bedre og mer kostnadseffektive fôr basert på direkte bruk av marint råstoff i produksjonen. Foruten kunnskap om ernæring og fôr er dette et forskningsområde som krever teknologisk og ressursbiologisk forskning, samt fornuftig forvaltning av ville bestander.

Norge produserer idag 580.000 tonn biprodukter hvorav kun halvparten utnyttes. Biprodukter av avskjær fra hvitfisk er relativt lite utnyttet. Dette er en ressurs med et stort verdipotensiale ved riktige utnyttelse, for eksempel kan det anvendes i fôr til fisk eller foredles videre til produkter for anvendelse i matvarer.

Prioriterte forskningsoppgaver:

- Fremskaffe kunnskap som øker muligheten for bedre utnyttelse av biprodukter fra fiskeriene
- Fremskaffe kunnskap om alternative råstoffer til fiskemel for bruk i fôr til fisk

## 2. SJØMAT I HUMAN ERNÆRING

I den vestlige verden er feil kosthold en vesentlig årsak til store helseproblemer i befolkningen. Økt bruk av sjømat kan bidra vesentlig til å redusere disse problemene. Skal norsk sjømat være konkurransedyktig vil det være av betydning at det i markedsføringen kan

anvendes gode data som viser tilstedeværelse av næringsstoffer som det er påvist for lavt inntak av i befolkningen, spesielt dersom det kan dokumenteres positive helseeffekter av disse.

I tillegg må man kunne dokumentere at sjømat er sikker mat, dvs. ikke inneholder for høye nivå av stoffer som kan være skadelig for konsumentene (f.eks. miljøgifter). En økende bevissthet om kosthold i den industrialiserte verden vil kunne føre til et betydelig markedspotensiale for sjømat. Instituttet satser sterkere innen dette feltet både innen forskning og undervisning.

### 2.1 Ernæring – kvalitet

Ernæringskvalitet må sees i et helsemessig perspektiv og er nært knyttet til kunnskap om produktets innhold av gunstige og ugunstige stoffer (næringsmiddelkjemisk sammensetning), samt opptak og omsetning av disse i organismen. Næringsstoffene har ulik biologisk tilgjengelighet i kroppen avhengig av hvilken kjemisk form de er lagret i den spiselige delen og studier av biotilgjengelighet vil derfor være et viktig forskningsfelt. Videre vil det bli mer og mer viktig å vite hva som skjer med produkter av sjømat ved bearbeiding og videreføring.

Oppdrett av fisk gjør oss i stand til produktsikring og produktstyring gjennom fiskefôrets sammensetning. Økt kunnskap om sammenhengen mellom fôr og næringsmiddelkjemisk sammensetning av produktet vil bidra til at vi kan fremskaffe de produkter som markedene ønsker. Det må også fremskaffes kunnskap om hvordan uheldige påvirkninger av fôr, behandling, bearbeiding og miljø kan influere på fiskens ernæringskvalitet og

tilgjengeligheten av næringsstofferne fra det ferdige produkt.

Prioriterte oppgaver:

- Fremskaffe kunnskap om sammenhengen mellom fôr og ernæringskvalitet
- Fremskaffe kunnskap om ernæringskvalitet av sjømat samt foredlingsprosessenes betydning for ernæringskvalitet og biotilgjengelighet
- Etablere kunnskap om sammenhengen mellom biokjemiske prosesser i fisken og kvalitet

## 2.2 Ernæring – miljø

Et rent miljø er en forutsetning for produksjon av sjømat. Dette er også et viktig markedsføringsargument for slike produkter. Det er derfor av avgjørende betydning for Norges framtidige kystnæring at det blir truffet tiltak mot alt som forringer det marine miljø. Det gjelder deponering og utslipp av kjemiske stoffer som virker direkte giftig på akvatiske organismer. Likeså naturfremmede stoffer som eventuelt kan etterspores i produktene. En av de stoffgruppene som er viktig i denne sammenheng er metaller. Flermetallinstrument (ICP-MS) er tatt i bruk ved instituttet, blant annet i forbindelse med arbeidet knyttet til dokumentasjon av metaller som fremmedstoffer i fisk og annen sjømat («Miljødatabasen»).

Prioriterte oppgaver:

- Dokumentere gjennom forskning og miljøovervåking sammenhengen mellom miljø og ernæringskvalitet

## 2.3 Ernæring – helse

Både underernæring og feil kosthold er vesentlige årsaker til verdens store helseproblemer. Det er alminnelig enighet om at et økt

bruk av sjømat i kostholdet er helsefremmende, men fortsatt mangler det mye dokumentasjon. Instituttet ønsker å bidra med å øke kunnskapen inne dette feltet, gjennom samarbeid med medisinske miljøer. I tillegg vil instituttet videreutvikle sitt engasjement i internasjonalt forskningssamarbeid og i bistandsprosjekter innenfor områder hvor instituttet har spesiell kompetanse.

Prioriterte oppgaver:

- Øke kunnskapen om sjømat som sunn mat, og etablere kunnskap som dokumenterer helsefremmende næringsstoffer i sjømat fra råvare, via produkt til tallerken.
- Utvikle bruksalternativer for biprodukter rettet mot humanernæring og næringsmiddelindustrien
- Videreutvikle nasjonalt og internasjonalt forskningssamarbeid
- Delta i bistandsprosjekter

## Undervisning og formidling

En viktig faktor i å utvikle norsk fiskerinæring er utdanning. Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, har valgt å legge undervisningen og utdanning av cand. scient. og dr. scient. kandidater i ernæringsbiologi ved Universitetet i Bergen (UiB) til Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt. Instituttet har i dag ansvaret for emner tilsvarende 13 vektall innen områdene fiskeernæring, næringsmiddelkemi og analyse, generell ernæring, næringsmiddel toksikologi og kostholdsundersøkelser. I tillegg blir et nytt emne «Kvalitet av sjømat» (3 vektall) startet opp høsten 1998.

Fortsatt vekst i norsk kystnæring krever blant annet at sjømatandelen i kostholdet øker både nasjonalt og internasjonalt. En

forutsetning for å lykkes i disse markedene er kunnskapsoppbygging i alle ledd i næringen og hos konsumentene. Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt skal bidra til dette gjennom å formidle sine forskningsresultater og ellers spre kunnskap til næringsutøvere, konsumenter og forvaltning. Instituttet vil ta initiativ til et samarbeid med Statens ernæringsråd og Eksportutvalget for fisk for å utarbeide en strategi for hvordan man kan øke fiskekonsumet innenlands.

Instituttet har redaksjonsansvar for det internasjonale tidsskriftet *Aquaculture Nutrition*, dette er viktig knyttet til formidling av nasjonale og internasjonale forskningsresultater spesielt relevant for havbruksnæringen.

## Metodikk

Instituttets forskning forutsetter at analysekompetanse og instrumentpark opprettholdes og videreutvikles. Instituttet arbeider kontinuerlig med å etablere og kvalitets sikre nye metoder samt videreutvikle og validere allerede etablerte analysemetoder. Instituttet fikk høsten 1996 akkreditert 38 av sine analysemetoder for næringsstoffer, i 1999 hadde instituttet 42 av analysemetodene akkreditert. Ernæringsinstituttet har referansefunksjonen for næringsstoffanalyser i både fisk og andre matvarer i regi av Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) samt at instituttet har blitt utpekt som nasjonalt referanselaboratorium i EU/EØS for enkelte næringsstoffanalyser (foreløpig for protein).

Instituttets forskere deltar også nasjonalt og internasjonalt i metodearbeid, spesielt knyttet til standardisering, dette arbeidet vil fortsette.



# ERNÆRINGSBETINGET EGGKVALITET HOS KVEITE

## Ragnar Nortvedt

Ernæringsinstituttet har også tidligere jobbet med dette temaet, altså hvordan morfiskens førsammensetning påvirker eggens næringsinnhold like før befruktning, både hos piggvar, torsk og laks. Eggens næringsinnhold er jo selve grunnlaget for videre utvikling av embryo, og etter klekking vil larvene bære med seg plommesekken og vokse på resten av denne «nistepakken» frem til startfôring. Kveite klekker 14 dager (ved 6 °C) etter befruktning og startfôres 45 dager (ved 6 °C) etter klekking. Eventuelle variasjoner i næringsinnhold kan derfor ha stor betydning for individenes endelige suksess over en så lang periode, med henblikk på vekst, organdifferensiering, fysiologi, atferd og overlevelse. Hver art har imidlertid sine spesifikke behov, avhengig av om fisken er fler- eller engangsgyter, antall egg, eggstørrelsen, om eggene har oljedråpe eller ikke, og av utviklingshastigheten til embryo og larve. Man kan derfor ikke uten videre overføre resultater fra en art til en annen.

### Pågående prosjekter

Nå jobber vi med ernæringsbetinget eggkvalitet hos kveite i to prosjekter, finansiert av Norges forskningsråd og av Nordisk Ministerråd, og i samarbeid med Austevoll Havbruksstasjon, Havforskningsinstituttet og oppdretts-selskapet FISKEY på Island. Begge samarbeidspartnere forsyner prosjektene med egg fra ulike tidspunkt på året. Austevoll Havbruksstasjon gjennomfører dessuten hormonanalyser på egg og blod fra stamfisk. Vår oppgave er å gjennomføre alle de næringsmiddelkjemiske

analysene og sammenstille disse med klekkesultatene fra tilsvarende grupper. Noe av motivasjonen for igangsetting av disse prosjektene var at man registrerte en nedgang i eggkvalitet over flere år ved Austevoll Havbruksstasjon. Da forholdene omkring stryking og inkubering av egg frem til klekking ikke var nevneverdig forskjellig fra år til år, var det nærliggende å tenke seg at hunfisk som hadde gytt over flere år, noen helt siden 1988, hadde synkende ernæringsstatus, grunnet utilstrekkelig næringsopptak fra føret.

### Vi har derfor som mål å teste følgende vitenskapelige hypoteser:

1. Morfiskens ernæringsmessige status synker innen gytesesongen
2. Morfiskens ernæringsmessige status synker ved gjentatt gyting over flere år, gitt et suboptimalt næringsinntak
3. Eggkvalitet og larveoverlevelse frem til startfôring påvirkes av morfiskens ernæringsmessige status før gyting
4. Eggens næringsinnhold kan måles og derved styres ved hjelp av beregnet førsammensetning



Ragnar Nortvedt.

I praksis betyr dette at vi også har som mål å utvikle et velegnet stamfiskfôr til kveite med en så ideell sammensetning som mulig. Basert på ny kunnskap om førsammensetning er det videre et mål å forbedre egg- og larvekvaliteten hos samarbeidspartnerne, og derved legge et godt grunnlag hos larvene før de starter sitt eksogene føropptak. Dette vil også komme hele kveitenæringen til gode, da stamdyrene er grunnlaget for all oppdrettsvirksomhet.



Kveiteegg.

**Eggprøver**

I første fase av prosjektene har vi fokusert på å danne oss et bilde av hvordan kveiteegg typisk er sammensatt. Så langt har vi samlet inn egg fra ulike hunnfisk fra begge lokaliteter, fra ulike tidspunkt på året, og fra samme hunnfisk som både har gytt flere år (1998–2000) og flere ganger innen samme sesong. Kveiten er en såkalt porsjonsgyter som kan gyte opptil 15 porsjoner innen en gytesesong. I naturen gyter den om våren, men ved hjelp av lysmanipulering kan man forskyve gytetidspunktet og derved oppnå at ulike grupper med stamfisk gyter i forskjellige perioder av året. Derved sikres en jevn tilgang på egg og forbedret utnyttelse av kapasitet, både i klekkeriene og videre i produksjonen.

**Næringsmiddelkjemiske analyser og suksessmål**

Ved Ernæringsinstituttet har vi valgt å kjøre et bredt spekter av

analyser for å bygge opp så god dokumentasjon som mulig over eggenes sammensetning. Selv om det finnes noen data fra andre undersøkelser, vet vi egentlig lite om hva som kan betraktes som normalt nivå av ulike komponenter. Først når vi kjenner normalnivået for en gitt næringskomponent, kan vi begynne å kvantifisere avvik og sikre oss en forståelse av hva disse avvikene skyldes og hvilke konsekvenser de medfører for larvens videre suksess. Våre analyser omfatter derfor både vannløselige og fettløselige vitaminer, fettsyrer og fett, frie aminosyrer og protein, vann, aske og mineraler i både morfiskens fôr og i eggenes sammensetning. Heldigvis har vi foreløpig stor spredning i næringsmiddelkjemisk sammensetning innen en gytesesong. Vi kan derfor samtidig danne oss et bilde både over normalnivå og avvikende verdier for grupper som har ulik suksess i klekkeriet.

Gode suksessmål er imidlertid heller ikke gitt. Gjennom den pågående aktiviteten er det synliggjort at man mangler et kvalitets-sikret sett av gode kriterier på egg- og larve kvalitet som kan nyttes til å prediktere fremtidig suksess og produksjon i kommersiell sammenheng. Andre har funnet at befruktningssrate kan være et enkelt og hurtig mål for å vurdere overlevingspotensialet til egggrupper. Man fant at befruktningssrate var positivt korrelert til celledelings-symmetri på 8-cellestadiet, samt til overlevelse frem til dag 8 på eggstadiet. Oppdrettsnæringen har imidlertid også behov for tidlige indikatorer, eksempelvis ernæringskjemiske, som kan ha mer langtvirkende predikerende evner for suksess på larvestadiet og også for videre produksjon på yngelstadiet. Dette setter vi fokus på i den grad det er mulig å følge opp larvegrupperes videre suksess i klekkeriene.

*Tabell 1. Minimums- og maksimumsverdier for endel utvalgte næringsmiddelkjemiske parametre i kveiteegg fra Austevoll Havbruksstasjon (HI) og fra det kommersielle anlegget FISKEY på Island i perioden 1998–2000. Verdiene er oppgitt på våtvektsbasis, med unntak av sporstoffene (Cu, Fe, Zn, Se, P og I) som er oppgitt pr. tørrstoff.*

	Tørrstoff %	Tiamin mg/kg	Folat mg/kg	Vit. C mg/kg	Vit. E mg/kg	Vit. A mg/kg	20:4n-6 mg/g
Min.	4.4	<0.1	0.02	5	2.5	0.01	0.09
Max.	10.7	3.0	0.13	42	23.1	0.03	0.21
forts.							
	20:5n-3 mg/g	22:6n-3 mg/g	n-3/n-6 mg/g	asp mg/kg	glu mg/kg	asn mg/kg	gln mg/g
Min.	0.59	1.52	11.7	0.05	0.47	0.22	0.19
Max.	1.40	3.03	17.8	0.38	1.15	1.43	1.14
forts.							
	Kobber mg/kg	Jern mg/kg	Sink Mg/kg	Selen mg/kg	Fosfor mg/kg	Iod mg/g	
Min.	1.3	<8.0	50.9	0.87	8515	0.36	
Max.	10.1	18.8	76.4	2.97	13590	1.38	

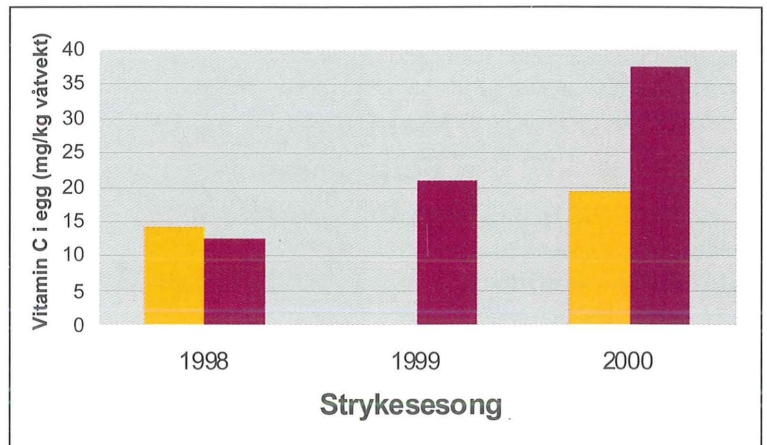


### Variasjon mellom grupper

Man ser at det er ganske stor variasjon i næringsmiddelkjemisk sammensetning i egg fra kveite, særlig for innhold av vitaminene, noen frie aminosyrer og for kobber (tabell 1). Men også mindre variasjon i fett-syrene og i noen av de øvrige sporstoffene kan ha stor betydning for eggkvaliteten. Variasjonen reflekterer både forskjeller mellom anlegg, mellom ulike hunnfisk og mellom eggposjoner fra samme hunnfisk. Dette datagrunnlaget kan gjøre oss i stand til å beskrive normalgrupper og avvikende grupper med hensyn på eggkvalitet.

Variasjonen i sammensetning mellom egg fra ulike anlegg kan illustreres ved å se på gjennomsnittlig innhold av vitamin C i alle analyserte egggrupper fra de to samarbeidspartnerne i perioden 1998 – 2000 (figur 1). Begge anlegg økte i denne perioden sitt innhold av vitamin C i føret til stamfiskene, hvilket gav seg utslag i økt innhold av vitamin C i eggene i påfølgende gyttesesong. Vitamin C har en viktig antioksidativ funksjon. Hvilket nivå av vitamin C som er optimalt i kombinasjon med de øvrige næringsmiddelkjemiske parametrene, er imidlertid ikke klarlagt enda.

Det gjenstår å koble disse data opp mot suksesssmål i klekkeriene. Dette vil også gi oss en referanseramme for videre eksperimentelle studier. Vi vet fra undersøkelser på andre arter at eksempelvis både vitamin A og B-vitaminet folat har betydning for tidlig nevrallrørsutvikling i embryo. For lavt nivå av vitamin A viste seg dessuten å gi feilpigmentering (albino) da larver av en japansk flyndreart ble oppholdt i vitamin A løsning like før



Figur 1. Gjennomsnittlig innhold av vitamin C fra en rekke egggrupper fra de to kildene (her vist som forskjellig fargede søyler) fra perioden 1998–2000.

metamorfose, mens høye konsentrasjoner av vitamin A gav deformasjoner i finnene. Man vet imidlertid lite om hva som skjer dersom eggene inneholder høye nivå av vitamin A allerede ved befruktning. Tilsvarende er det ønskelig å kartlegge effekter av høye og lave nivåer av andre næringsmiddelkjemiske parametre.

### Videre forskning

Høsten 2000 startet vi på basis av den innledende kartleggingen av ulike egggrupper, et nytt eksperiment ved Austevoll Havbruksstasjon. Her varieres både innholdet av vitamin A og folat i føret til ulike stamfiskgrupper. Våren 2001 vil vi evaluere effektene av disse behandlingene etterhvert som nytt eggmateriale samles inn. Hovedfagsstudent Anita Sagstad vil blant annet se nærmere på effekter av ulike folatnivå på celledelingsasymmetri på tidlige eggstadier, mens undertegnede vil gjennomføre sammenligninger med egg-grupper fra stillehavs-kveite i Canada.

Ved anlegget på Island gikk de over til å bruke et nytt fôr i sesongen 2000. I løpet av våren 2001 vil vi kunne evaluere effektene av dette. Resultatene vil forhåpentlig peke i retning av en forbedret næringsmiddelkjemisk sammensetning i både fôr og kveiteegg. På basis av dette vil vi da videreutvikle et nytt stamfiskfôr fra høsten 2001.

Det vil etterhvert bli ønskelig med tilgang til egggrupper fra flere anlegg for å teste ut effekter av førsammensetning på eggkvalitet. Kun ved å variere noe systematisk (for eksempel høye og lave næringsmiddelkjemiske nivåer), og måle effektene av slik variasjon, kan vi oppnå sikker informasjon om årsak og virkning. Stamfiskhold er imidlertid dyrt og innsatskrevende over lengre tidsperioder. Det er derfor ikke uten videre gitt at man kan eksperimentere med dem. Men hvis næringen og forskningsinstitusjonene går sammen om en felles forskningsstrategi på dette feltet, kan vi gjennomføre kontrollerte og trygge studier i fellesskap. Dette vil komme hele næringen til gode.



# ISOLERING, DYR KING OG STIMULERING AV PRIMÆRE LEVER CELLER FRÅ ATLANTISK LAKS, SALMO SALAR L.

- EIT ALTERNATIV TIL FISKEFORSØK I ETABLERING AV GRUNNLEGGJANDE KUNNSKAP
- i denne artikkelen; effektar av glukose og alanin på pentose fosfat aktivitet i lakselever.

**Monica Sanden,  
Betty Irgens og  
Gro-Ingunn Hemre**

Betty Irgens har tilrettelagt alt arbeid på celledlaboratoriet, Monica Sanden var «første person ut» til å gjennomføre forskningsarbeid tilknytta dette laboratoriet ved instituttet under veiledning av Gro-Ingunn Hemre.

Isolering og dyrking av primære cellekulturar er eit nytt satsingsområde på Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt. Celledlaboratoriet, knytt til laboratorium for biokjemi (BIO), har vore utgangspunktet for gjennomføring av dette studiet. Slike forsøk krev god planlegging, innøving av teknikkar og kunnskap om in vitro forsøk. Fordelen med slike studiar er at ein får ein overordna kontroll på det cellulære miljøet. Dette resulterer i meir spesifikke svar på det ein vil undersøkje i organismen.

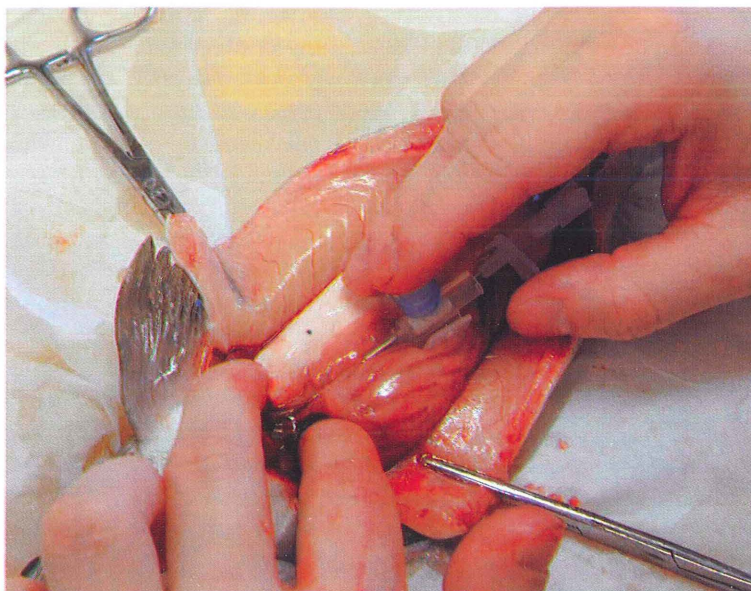
Ulike studiar har vist at pentose fosfat syklus hos fisk bidreg med 80% av den mengde NADPH som er nødvendig for den reduktive biosyntesen av feittsyrer, og som inngår i dei fleste reduksjon/oksidasjons reaksjonar i cella. Dei to enzyma som regenerar NADP<sup>+</sup> til NADPH i denne syklusen er glucose-6-fosfat dehydrogenase (G6PDH) og 6-fosfatglukonat dehydrogenase (6PGDH). I tillegg vil malic enzyme (ME) og NADP-isocitrate dehydrogenase (ICDH) bidra med den resterande mengde NADPH som fisken treng til reduktive prosessar. Desse enzyma har fått fellesnamnet lipogene enzym.

Pentose fosfat syklus har blitt funne å bli aktivert av glukose både i fisk og pattedyr, og påstått frå fleire forskningsmiljø å være hovedomsetningsveg for glukose i fiskelever. I vill tilstand har fisken eit høgt proteininntak med påfølgjande høg glukoneogenetisk aktivitet, dvs. den anvender protein for å laga glukose dersom den ikkje får nok glukose frå føret / byttedyret. Med den rette balansen mellom protein (alanin) og karbohydrat (glukose) i føret vil fisken kunne «spare» protein, noko som vil gje seg utslag i aktivitet både i glukoneogenesen og pentose fosfat syklus. Protein er ein av dei største kostnadskjeldene i produksjon av laks i oppdrett, og det er derfor ønskjeleg at dette næringsstoffet blir brukt til vekst og ikkje til produksjon av andre næringsstoff som glukose. Eit av dei mest sentrale organa for pentose fosfat syklus og glukoneogenese er lever. Med

dette som utgangspunkt ville vi undersøkje om leverceller frå laks responderte med ulik lipogen enzymaktivitet då dei blei stimulerte med ulike konsentrasjonar av glukose og alanin, og om vi kunne identifisere ein samanheng i omsetning av desse to næringsstoffa på cellenivå.

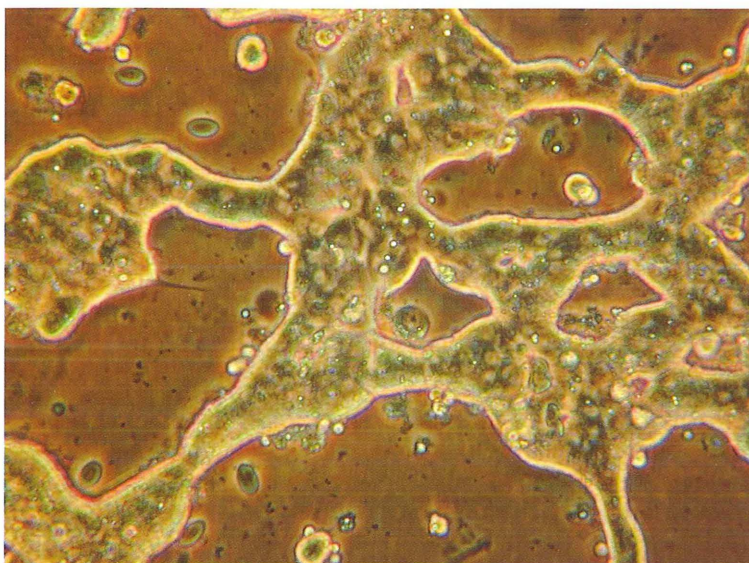
Formålet med studiet var også å isolere leverceller med høg viabilitet og god overleving slik at ein vidare kunne stimulere kulturane med ulike konsentrasjonar av glukose (0mM, 5mM og 10mM) og alanin (0mM, 5mM og 10mM).

Leverperfusjon er det første steget i isolering av leverceller. Perfusjonen foregår på bedøvd fisk der organet er intakt. Først blir blodet i lever erstatta med ei bufferløysing som blir pumpa gjennom Porta hepatica. Etter dette bytter ein til ei collagenase løysing som vil løyse



**Figur 1** Den bedøvdde fisken under lever perfusjonen. Her blir bufferløysinga pumpa inn i lever via Porta hepatica.





**Figur 2** Levercellene har danna tydelege nettverk med kvarandre etter 2 døgn i klimaskap.

opp bindevevet mellom cellene. Figur 1 viser fisk under perfusjon.

Cellene blir vaska og mikroskopisk testa for viabilitet. Deretter blir cellene sådd ut i passende medium på petriskåler. Ein preinkubasjon på 20 timar er nødvendig for at cellene skal kunne feste seg og stabilisere seg til det nye miljøet. Lekkasje av enzym frå cellene, gjev ein indikasjon på viabiliteten til cellene. Høg lekkasje av enzym indikerer skader på cellemembran og slike skader fører til nedsett viabilitet og nedsett metabolsk aktivitet. Figur 2 viser celler dyrka i 2 døgn i klimaskap som held ein stabil temperatur på 12°C.

Dei isolerte cellene i dette studiet hadde høg viabilitet (>94%) målt som relativ lekkasje av laktat dehydrogenase (LDH).

Tabell 1 viser resultat frå stimulering av levercellene med kombinasjonar av høge og fysiologiske kon-

sentrasjonar av glukose og alanin (10mM glukose og 5mM alanin). Tabell 2 syner resultat ved stimule-

**Tabell 1** Enzym aktivitet (nmol/min/mg protein) i leverceller frå laks gjeve fire ulike stimuleringar med ulike konsentrasjonar av glukose (5mM and 10mM) og alanin (5mM og 10mM). Enzym aktivitet vart målt 24 timar etter stimulering. Resultat frå alle grupper er gjennomsnitt ± SD (n=6). I same kolonne representerer ulike bokstavar signifikante forskjellar (p<0.05).

Gruppe	G6PDH	6PGDH	ICDH	ME
Start	23.3 ± 6.1 *	19.1 ± 2.2 *	83.3 ± 6.1 *	43.0 ± 24.9 *
5G_5A	26.1 ± 7.7	19.5 ± 3.7 <sup>a</sup>	116.4 ± 56.1	42.6 ± 11.5 <sup>a</sup>
5G_10A	29.5 ± 9.1	19.7 ± 7.1 <sup>a</sup>	114.6 ± 56.3	42.8 ± 14.2 <sup>a</sup>
10G_5A	21.1 ± 12.2	23.9 ± 4.0 <sup>b</sup>	103.6 ± 45.7	29.1 ± 11.6 <sup>b</sup>
10G_10A	30.4 ± 11.0	26.4 ± 8.2 <sup>b</sup>	81.5 ± 9.0	22.3 ± 12.6 <sup>b</sup>

MANOVA

p-nivå

ikkje signifikant

Glukose	(is)	is	is	p<0.035
Alanin	is	is	is	is
Interaksjon	is	p<0.003	is	is

\* «Start» er basert på kontrollar (n=6) hausta etter preinkubasjon i 20 timar. Denne gruppa er ikkje med i den statistisk analysen.

ring med kombinasjonar av fysiologiske og lave konsentrasjonar av glukose og alanin (5mM glukose og 0mM alanin).

Når cellene blei stimulerte med høge konsentrasjonar glukose blei 6PGDH aktivitet auka medan ME aktivitet blei redusert (Tabell 1). Dette kan tolkast som at pentose fosfat syklus er den viktigaste bidragsytaren av NADPH ved høge glukose konsentrasjonar, medan regenerering av NADP+ til NADPH utanfor pentose fosfat syklus (ME) vart hemma ved desse høge glukosekonsentrasjonane. G6PDH aktivitet auka når cellene vart stimulerte med 5 mM alanin og låge konsentrasjonar av glukose (Tabell 2). Dette resultatet viser at alanin fører til auka pentose fosfat syklus aktivitet, spesielt når glukose ikkje er tilstades. Frå resultata kan ein konkludere med

at både glukose og alanin påverkar aktivitet av enzym i pentose fosfat syklus. Det vart ikkje funne signifikante forskjellar mellom gruppene med omsyn på ICDH aktivitet. Dette enzymet hadde stabil aktivitet utan å bli påverka av dei ulike konsentrasjonane av glukose og alanin. Frå desse resultatane ser det derfor ut som om ME er eit viktigare lipogent enzym enn ICDH i Atlantisk laks. Dette er det første studiet på Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt som har resultert i vellukka isolering og dyrking av primære leverceller frå Atlantisk laks. Studiet har også vist at pentose fosfat syklus blir påverka av både glukose og alanin.

**Tabell 2.** Enzym aktivitet (nmol/min/mg protein) i leverceller frå laks gjeve fire ulike stimuleringar med ulike konsentrasjonar av glukose (0mM og 5mM) og alanin (0mM og 5mM). Enzym aktivitet vart målt 24 timar etter stimulering. Resultat frå alle grupper er gjennomsnitt ± SD (n=6). I same kolonne representerer ulike bokstavar signifikante forskjellar (p<0.05).

Gruppe	G6PDH	6PGDH	ICDH	ME
Start	23.3 ± 6.1 *	19.1 ± 2.2 *	83.3 ± 6.1 *	43.0 ± 24.9 *
5G_5A	26.1 ± 7.7 <sup>b</sup>	19.5 ± 3.7	116.4 ± 56.1	42.6 ± 11.5
5G_0A	19.3 ± 7.4 <sup>a</sup>	21.4 ± 4.3	120.9 ± 55.0	29.0 ± 9.6
0G_5A	30.5 ± 6.5 <sup>b</sup>	24.2 ± 6.7	88.4 ± 14.4	35.0 ± 21.5
0G_0A	24.0 ± 5.0 <sup>a</sup>	21.4 ± 3.1	116.2 ± 57.6	46.9 ± 20.3

MANOVA				
p-nivå				
	ikkje signifikant			
Glukose	(is)	is	is	is
Alanin	p<0.025	is	is	is
Interaksjon	is	is	is	is

\* «Start» er basert på kontrollar (n=6) hausta etter preinkubasjon i 20 timar. Denne gruppa er ikkje med i den statistisk analysen.



# MARINE FEITTSYRER I RELASJON TIL MAGE-TARM BETENNELSE

Linn Anne Bjelland

Hausten 1998 byrja eit nytt samarbeid mellom Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt og Gastroenterologisk avdeling ved Haukeland sjukehus. Det vart etablert ei eiga gastrogruppe, som møttest annankvar månad. Gruppa var sett saman av sentrale personar innan gastroforskning ved sjukehuset, samt Dr. philos. Livar Frøyland og meg sjølv. Målsetjinga i fyrste omgang var å undersøkje effekten av marine feittsyrer på mage-tarm betennelse hjå pasientar med inflammatory bowel disease (IBD). IBD er ei gruppe autoimmune, kroniske betennelsessjukdomar i mage-tarm kanalen som ofte er ledsaga av leddplager. IBD er ikkje livstruande for pasienten, men gjev som andre kroniske sjukdomar senka livskvalitet på grunn av plager som smerter, diarè, stivleik i ledd og generell redusert allmenntilstand. Pasientar i denne gruppa har ofte nedsett arbeidskapasitet, og mange vert sjukmelde, eller endåtil uføretrygda.

Rasjonale for å nytta selolje ved behandling av IBD er basert på to faktorar:

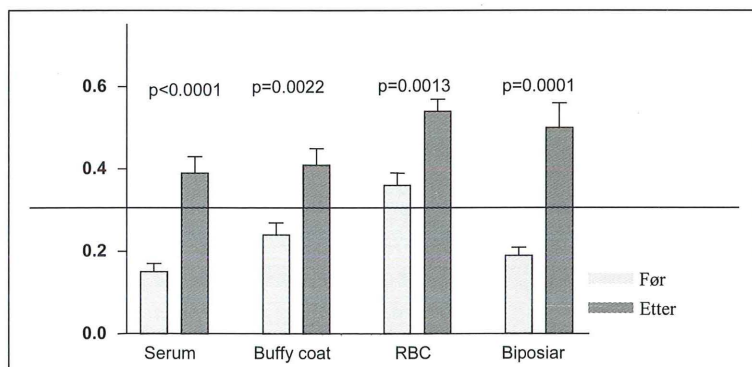
1. effekten på eikosanoid-syntesen, og
2. den posisjonelle fordelinga av dei lang-kjeda omega-3 feittsyrene på triacylglycerol molekylet.

Dei lang-kjeda feittsyrene vert truleg lettare hydrolysert (fordøydd) når selolje er kjelda samanlikna med fiskeolje (tran). Feittsyrekjelder frå det marine miljø inne-

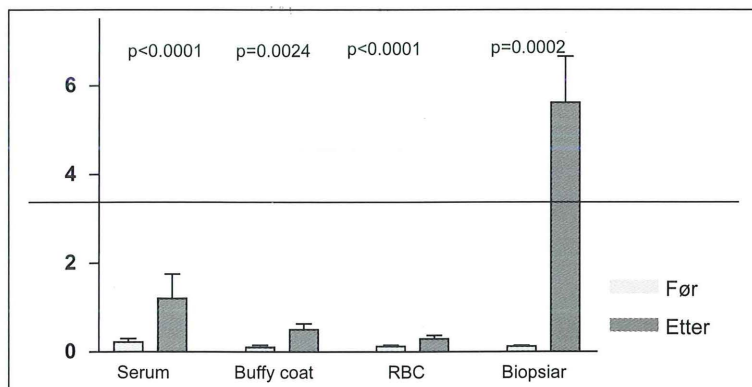
held store mengder lang-kjeda omega-3 feittsyrer (t.d. eikosapentaensyre, EPA, og dokosaheksaensyre, DHA). Desse feittsyrene har ein modulerande effekt på immun- og betennelses-responsar i kroppen. Feittsyrer med 20 karbonatom i ryggrada er forløparar for lokalhormon, eikosanoidar. Desse spelar ei viktig rolle i funksjonen av immunsystemet og ved betennelsesreaksjonar. Eikosanoidar danna frå  $\omega$ -6 forløparen (arakidonsyre, AA) er mykje meir potente enn dei tilsvarande eikos-

anoidane danna frå omega-3 forløparen, EPA. Omega-3 feittsyrer vert difor kalla «betennelses-dempane».

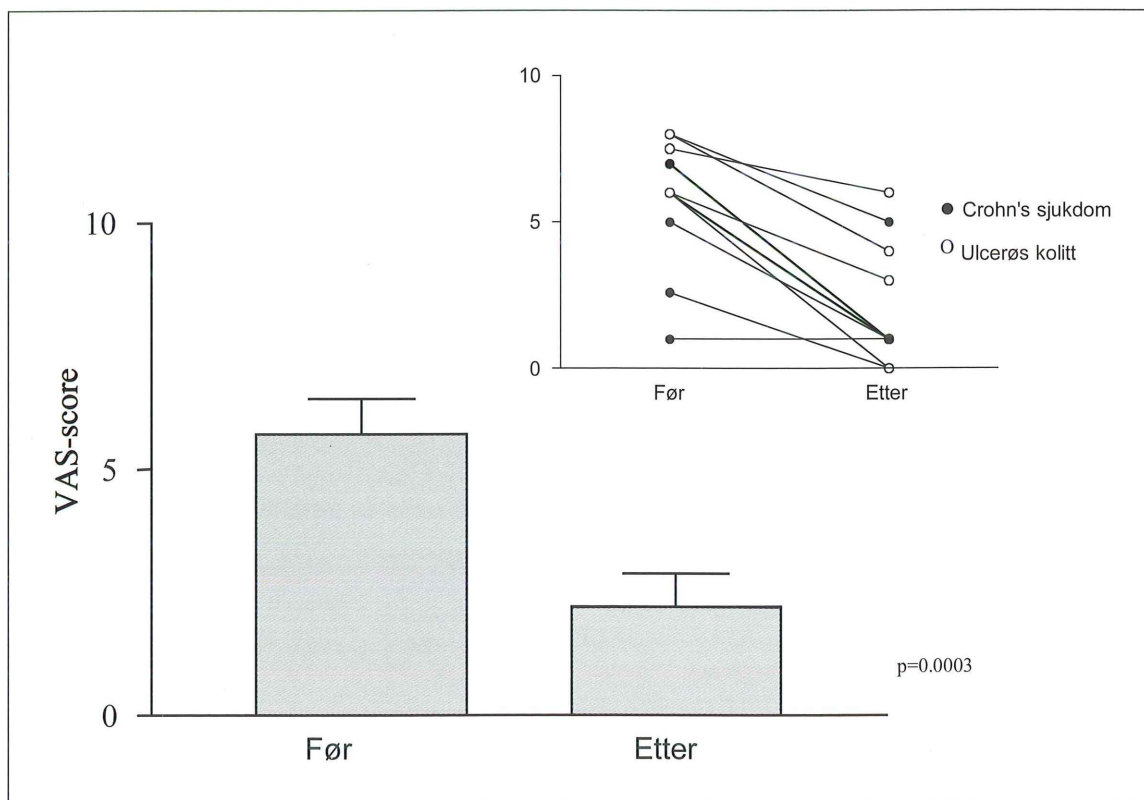
Studiet, som byrja våren 1999 og vart avslutta hausten 2000, inkluderte ti pasientar med IBD, ni av desse hadde også tarmrelaterte leddsmerter. Kvar av dei ti pasientane gjekk gjennom ein seloljekur, som varte i ti dagar. 10 ml selolje vart tilført tre gonger per dag gjennom ein sonde, som gjekk frå nasa til den øvre delen av tynntarmen



**Figur 1:** Ratio mellom  $\omega$ -3 og  $\omega$ -6 feittsyrer i serum, buffy coat, raude blod celler (RBC) og biopsiar, før og etter behandling med selolje. Data er presentert som middelværdi  $\pm$  SEM, n=10.



**Figur 2:** Ratio mellom eicosapentaen syre (EPA,  $\omega$ -3) og arakidon syre (AA,  $\omega$ -6) i serum, buffy coat, raude blod celler (RBC) og biopsiar før og etter behandling med selolje. Data er presentert som middelværdi  $\pm$  SEM, n=10.



Figur 3: Index for leddsmarter hjå IBD pasientane før og etter behandling med selolje. Data er presentert som middelværdi ± SEM og som individuelle resultat (øvre høgre hjørne), n=9.

(nasoduodenal sonde). Ulike mål på grad av betennelse i tarmen (calprotectin konsentrasjon og tarmpermeabilitet), grad av feittsyreperoksidasjon (TBARS konsentrasjon) og feittsyreprofilar (spesielt med hensyn til forholdet mellom total omega-3 og total omega-6 feittsyrer og forholdet mellom EPA og AA) vart analysert i blodprøvar og vevsprøvar frå tarmen før og etter fullført seloljekur for å undersøkje om tilførsel av marine feittsyrer kan styrkja tarmslimhinna. I tillegg gav alle dei ni pasientane med tarmrelaterte leddsmarter eit subjektivt mål på grad av leddsmarter før og etter seloljekuren.

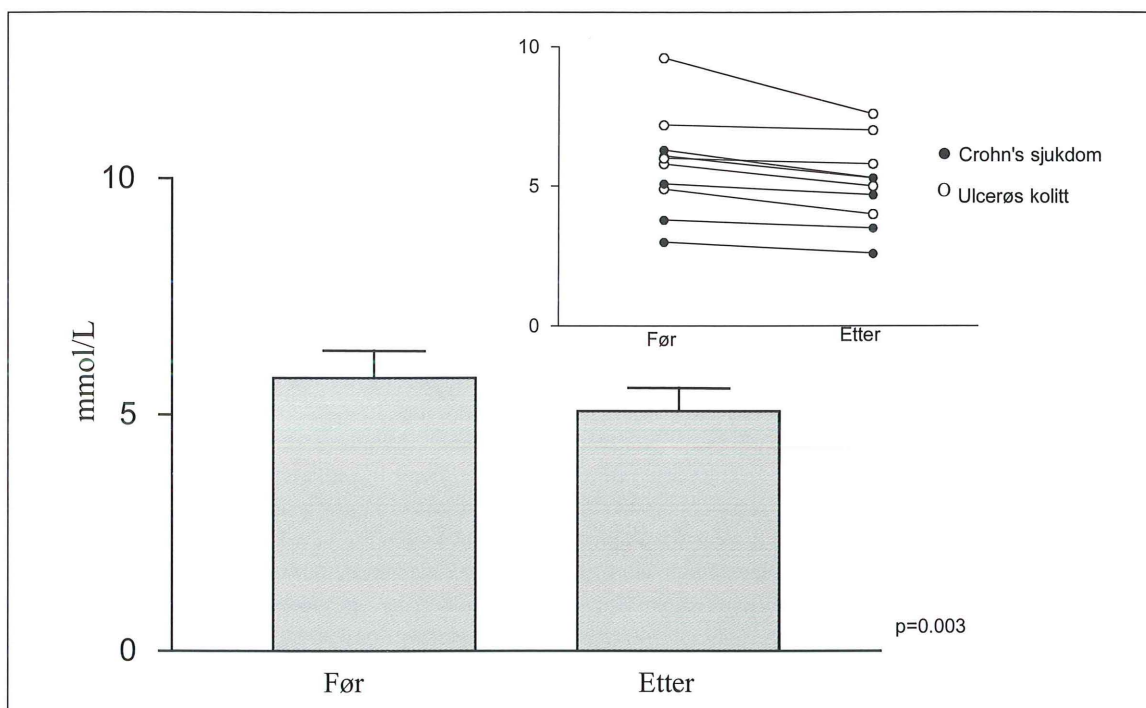
Grad av betennelse i tarmen vart

ikkje signifikant endra av seloljekuren. Ved betennelse er det auka mengde frie radikalar på betennelsesstaden, desse forårsakar blant anna nedbryting av lang-kjeda fleirumetta feittsyrer (feittsyreperoksidasjon), kor nedbrytningsproduktet kan målast i ein fargereaksjon (TBARS). Konsentrasjonen av nedbrytningsprodukt av fleirumetta feittsyrer hadde ikkje auka etter seloljekuren, medan feittsyreprofilen i vevsprøvar frå tarm og i dei ulike blodfraksjonane var endra. Mengde totale omega-3 feittsyrer i forhold til omega-6 feittsyrer var auka i dei ulike blodprøvene og i vevsprøvene frå tarmen (biopsiar).

Figur 1. Mengde EPA i forhold til AA var også auka etter selolje-

kuren, Figur 2. Alle dei ni pasientane som var plaga med leddsmarter rapporterte betring etter seloljekuren, Figur 3. Hjå enkelte var betringa svært god. Tilskot av omega-3 feittsyrer har i mange internasjonale studiar vist senkande effekt på nivået av kolesterol og triacylglycerol i blodet. I vårt studium var både senka etter seloljekuren, men det var berre kolesterolnivået som var signifikant lågare, Figur 4.





**Figur 4:** Serum kolesterol konsentrasjon hjå IBD pasientar før og etter behandling med selolje. Data er presentert som middelerdi  $\pm$  SEM og som individuelle resultat (øvre høgre hjørne),  $n=10$ .

**English summary:**

Collaboration between the Institute of Nutrition, Directorate of Fisheries and Gastroenterological department at Haukeland University Hospital was started during the fall of 1998. The primary aim was to investigate whether marine fatty acids showed a positive effect when given to inflammatory bowel disease (IBD) patients.

There are two important factors why seal oil was chosen in the treatment of IBD:

- (1) the effect on the production of eicosanoids, and
- (2) the positional distribution of the long-chain omega-3 fatty acids on the triacylglycerol molecule

The omega-3 polyunsaturated fatty acids, eicosapentaenoic acid, EPA and docosahexaenoic acid, DHA, have modulating effects on inflammatory and immunological responses. EPA and AA are precursors of local hormones called eicosanoids. Eicosanoids made from omega-6 precursors are far more potent inflammatory triggers compared to products of omega-3 fatty acids.

Ten patients suffering from IBD were given 30 ml of seal oil daily for a period of ten days. Analysis of blood samples (serum, buffy coat and red blood cells) and biopsies from the gut showed that omega-3 fatty acids were incorporated at the expense of omega-6 fatty acids (Figure 1 and 2). Nine of the ten patients included in the study suffered from joint pain. All nine improved after seal oil supplementation (Figure 3). Several studies have shown that omega-3 fatty acid ingestion gives a cholesterol lowering effect, including our.

# TRANSPORT OG METABOLISME AV FETT HOS ATLANTISK LAKS (*SALMO SALAR L.*)

**Benté Torstensen**

Fett i fôret til atlantisk laks har i løpet av de siste 10-år økt fra rundt 17 til over 35 prosent. I tillegg er tilgang på marine oljer usikker i fremtiden, slik at alternative oljekilder introduseres i fôr til laks. Både økningen i fettmengde og endringen i fôrets fettsyresammensetning ved bruk av forskjellige vegetabiliske oljer øker behovet for grunnleggende kunnskap omkring laksens fett-transport og -metabolisme systemer. Vev fra atlantisk laks inneholder tradisjonelt høye nivåer av flerumettede n-3 fettsyrer. Fettsyresammensetningen i laksens vev kan reguleres på mange nivåer i fettmetabolismen. Fôrets fettsyresammensetning vil i stor grad være avgjørende for fettsyresammensetningen spesielt i muskel og i fettvev. Men også andre næringskomponenter i fôret som antioksidant vitaminer og eventuelle pro-oksidanter vil henholdsvis beskytte mot eller initiere de flerumettede fettsyrene av uønsket oksidasjon. Videre så vil fordøyeligheten av de forskjellige fettsyrene være avgjørende for hvilke fettsyrer som tas opp i fisken. Hos fisk har flerumettede fettsyrer generelt høyere fordøye-

lighet sammenlignet med mettede og enumettede fettsyrer. Fett som tas opp i tarmcellene inkorporeres i lipoproteiner, hvor fett pakkes sammen med apo-lipoproteiner og det dannes partikler med polar overflate. Disse (kylomikroner og very low density lipoprotein, VLDL) sekreseres ut i blodbanen og fôrfettet transporteres ut til laksens perifere vev. I hvilken grad forskjellige fettsyrer inkorporeres i de forskjellige lipoproteinene, og vevenes reseptorer for de respektive lipoproteiner kan tenkes å påvirke hvilke fettsyrer som tas opp i forskjellig vev. Hos laks, i likhet med andre teleoster, er det high density lipoprotein (HDL) som er det dominerende lipoproteinet. Dette lipoproteinet har høye nivåer av flerumettede n-3 fettsyrer, og påvirkes ikke av fôrets fettsyresammensetning. Derimot så ser man at fettsyresammensetningen i kylomikroner, VLDL og til en viss grad også low density lipoprotein (LDL) avspeiler fôrets fettsyresammensetning. Opptaket av fettsyrer i vev fra lipoproteinene er det neste steg i fettmetabolismen som kan bidra til regulering av vevets fettsyresammensetning. Bindingsspesifisitet av både eventuelle opptaksproteiner og intracellulære transportproteiner (fettsyrebindende protein) for

spesifikke fettsyrer vil dermed selektivt ta opp enkelte fettsyrer. Dette ser ut til å skje blant annet i laksens hjerne og retina som har et gitt nivå av 22:6n-3 uavhengig av fôrets fettsyresammensetning. Når så fettsyrene er tatt opp i cellene kan de enten forbrennes, inkorporeres i fosfolipider i membranen eller lagres i form av triacylglycerol. Fosfolipidenes fettsyresammensetning påvirkes i mindre grad av diettens fettsyresammensetning sammenlignet med triacylglycerol. Videre vil enkelte fettsyrer foretrekkes for forbrenning. Hos fisk antar man at 22:1n-11 er et meget godt energisubstrat, i tillegg til kortere mettede fettsyrer. Graden av forbrenning av spesifikke fettsyrer vil dermed påvirke vevets fettsyresammensetning.

For å kunne forutsi i større grad hvilke konsekvenser fôrets fettnivå og fettsyresammensetning vil få for fiskens sammensetning og ernæringskvalitet er det viktig å ha kunnskap om hvert enkelt nivå i fôrfettets transport og metabolisme i laksen.

## **English summary:**

*Dietary lipid levels in commercial Atlantic salmon feed have increased from about 17 to more than 35 % during the last decades. Further, the varying supply of marine oils require alternative oils to be investigated as lipid sources in salmon feed. Both the high dietary lipid levels and the varying dietary fatty acid composition due to vegetable oils require increased knowledge as to how dietary lipids are transported and metabolised in Atlantic salmon. By increased knowledge on how tissue lipid content and fatty acid composition is regulated through the lipid metabolism steps, predictability of how different dietary compositions will influence the end product will increase.*



# FETTSYRESAMMENSETNING OG STRÅLEPROKTITT

## Bente Iren Norlie

Strålebehandling av bekkenorganene fører alltid til en akutt skade i nedre delene av tarmen. Symptomene varierer fra pasient til pasient, og kan være svært alvorlige. Abdominal krampe, kvalme, oppkast og diaré er de mest vanlige symptomene. Noen pasienter må utsette behandlingen, som mest sannsynlig vil føre til videre utvikling av sykdommen, og i verste fall føre til uheldelig sykdom. Hos de aller fleste vil symptomene gå over, men de fleste studier viser at kronisk stråleskade utvikler seg hos ca. 5% av pasientene som blir gitt stråleterapi. Selv om stråleskade av tarmen stadig blir redusert som følge av bedre teknikker, er der fortsatt mye forskning som må gjøres på området. Det er også klart at krefttilfeller som trenger stråleterapi vil

øke i årene fremover, og dermed vil også stråleskade bli et økende problem.

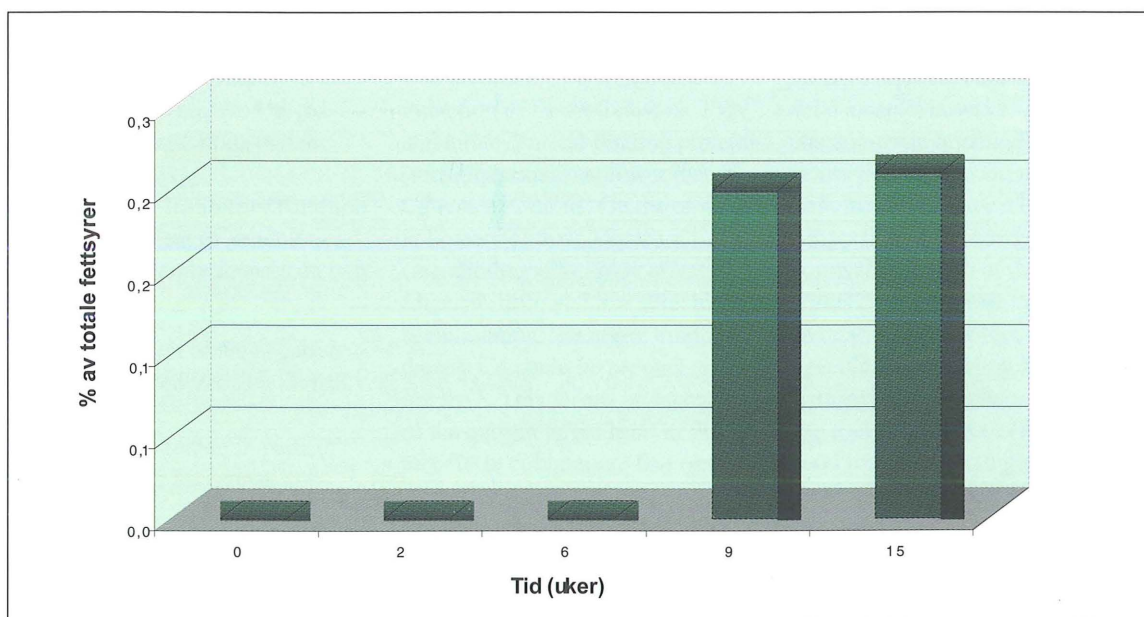
Ved inflammatoriske tarmsykdommer får vi en økt produksjon av eikosanoider som er proinflammatoriske. De proinflammatoriske eikosanoidene er derivater fra fettsyren arakidonsyre. Det er tidligere ikke gjort studier på fettsyresammensetning og akutt stråleskade.

En studie på sammenhengen mellom fettsyresammensetning og stråleproktitt ble utført ved Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt og medisinsk avdeling ved Haukeland sykehus. Ved å analysere fettsyresammensetningen i tarmbiopsier og plasma fra ulike stadier i behandlingen såg vi hvordan fettsyresammensetningen endret seg i løpet av stråleperioden. Pasientene ble strålet i seks uker. Det ble tatt prøver før strålebehandlingen, 2 og 6 uker etter påbegynt strålebehand-



Bente Iren Norlie.

ling og 3 og 9 uker etter endt behandling. Tidligere studier har vist at omega-3 fettsyrer kan ha en antiinflammatorisk effekt ved tarmsykdommer. Vi var derfor interessert i å finne en sammenheng mellom nivået av omega-3 fettsyrer og tiden på strålebehandlingen. Ved endt strålebehandling observerte vi et signifikant lavere



Figur 1 viser hvordan 20:3n-9, som er indikator for essensiell fettsyremangel, øker i uke 9 og uke 15 etter påbegynt strålebehandling.

nivå av omega-3 fettsyrer sammenlignet ved strålebehandlingens start. Vi observerte også essensiell fettsyremangel hos en del av pasientene i uke 9 og 15 etter påbegynt strålebehandling. Dersom vi har en essensiell fettsyremangel, dvs. mangel på omega-3 og omega-6 fettsyrer, vil desatureringsenzy-

mene ha en preferanse for omega-9 fettsyrene. Tilstedeværelsen av omega-9 fettsyren, 20:3n-9, blir brukt som en indikator for essensiell fettsyremangel, da vi vanligvis bare finner spor av denne fettsyrene i friske pasienter. Figur 1 viser økningen av denne fettsyrene fra uke 0 til uke 15 i tarmbiopsiene.

Denne studien viser at omega-3 fettsyrene er relatert til aktiviteten av sykdomsutviklingen, og danner utgangspunktet for en videre studie med omega-3 som en behandling mot akutt stråleproktitt.

**Summary:**

*Radiation therapy of the pelvic organs leads to varying degree of acute inflammation of the rectal mucosa. Although the probability of tumour control increases with the radiation dose, so does the damage to normal tissues. The degree of damage is varying from patients to patients. Some patients must delay treatment, risking further development of the cancer. In this study patients with prostate cancer have undergone a fractionated treatment for six weeks. We have compared the time of radiation with the fatty acid composition. We found a reduced level of omega-3 fatty acid after six weeks of treatment. We also found that some patients developed essential fatty acid deficiency, 9 and 15 weeks after the treatment started. This indicates that omega-3 fatty acids may be relevant to the activity of the disease. Supplement of omega-3 fatty acids have shown positive effects in inflammatory diseases, and this study suggests that omega-3 fatty acids might have a positive effect on radiation proctitis as well.*



# SAFE SEAFOOD – RISK ASSESSMENT OF FISH FEEDS

## Marc Berntssen

Recent increased international focus on animal welfare and food safety has led to increasing demands on documentation of safe production of Norwegian aquacultural products. This especially in relation to securing the export of Norwegian seafood to the international market. Since the safe production of food products begins with safe animal feed, risk assessment of potential hazardous chemicals in commercial fish feeds have become prominent. These potential hazardous chemicals will include the natural presence of non-essential metals (e.g. arsenic, mercury, and cadmium) and chlorinated organic compounds (such as dioxins and PCBs), as well as the supplementation of essential metals (copper, zinc, and manganese) and synthetic anti oxidants to commercial feeds. The current upper limits of potential toxic components in animal feeds are primarily based on research done on mammals. Data from fish experiments are required in order to set appropriate limits in fish feeds.

Research at the Institute of Nutrition in risk assessment of xenobiotics in fish feeds mainly focuses on two fields:

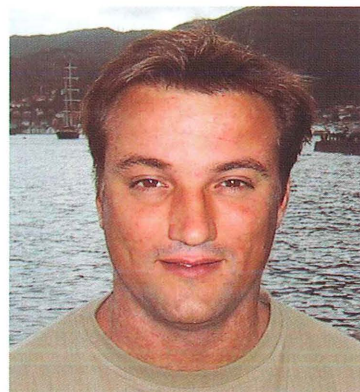
- 1) the evaluation of the negative effects of feed toxicant on fish health
- 2) their accumulation in parts of the fish used for human consumption.

Risk assessments on fish health and welfare at our Institute is based on the use of specific early biological «warning signals» of toxic exposures or effects (bio-

markers). These biomarkers allow an early detection of potential toxic concentrations, before deleterious effects on fish health will occur. These parameters include the synthesis of special metal binding proteins (metallothioneins), regulated cell death (apoptosis), cell damage (necrosis) and optimal digestive function (digestibility). Risk assessments of feed xenobiotics on humans who consume fish is based on toxicokinetic modelling. This involves the quantification of time-dependent bioaccumulation of xenobiotics in parts of the fish used for human consumption and bioavailability estimation.

Cadmium is one of the potential toxic components, that can be present in relative high concentrations in commercial fish feeds. Studies on graded Cd exposed salmon show a low accumulation of dietary Cd in fillet as compared to other organs. Elevated dietary Cd concentrations significantly reduced the digestive function of the gastro-intestinal organ. This was preceded by a significant induction of tissue (intestine, liver and kidney) metal-binding proteins (metallothionein) at lower dietary Cd concentrations. On the basis of indicators of toxic exposure (metallothionein), toxic effects (digestibility), and low fillet bioaccumulation, the upper limit for dietary Cd could be set on 7–11 mg kg<sup>-1</sup>. This means an increase of the current upper limit of dietary Cd in commercial fish feeds.

Future work will concentrate on the chemical forms in which potential toxic substances are present in the feed. Current upper limits of, for example arsenic, are based on total concentrations, and



Marc Berntssen

their chemical form is not taken into account. Arsenic has a rich and complex chemistry, and roughly the chemical forms can be divided in organic (e.g. arsenobetain) and inorganic forms (e.g. As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). The most toxic forms of arsenic found in food and water are the inorganic arsenic forms, whereas the organic arsenic forms are least toxic. In general, marine systems contain high arsenic concentrations compared to for example freshwater or terrestrial systems. Marine fish can contain relative high concentrations of total arsenic, however most is in the non-toxic organic form of arsenobetain. In contrast to marine fish, mammals have a larger proportion of the inorganic arsenic forms. Evaluation of the chemical forms of arsenic will be important in relation to their bioavailability, specific tissue accumulation and toxicity in marine fish. In addition, the transfer of arsenic from marine food to humans will greatly depend on their chemical form and the stability of these chemical forms under processing of food (cooking, freezing). The Institute of Nutrition, recently has started a Strategic Institute Program (SIP) where these aspects will be studied.



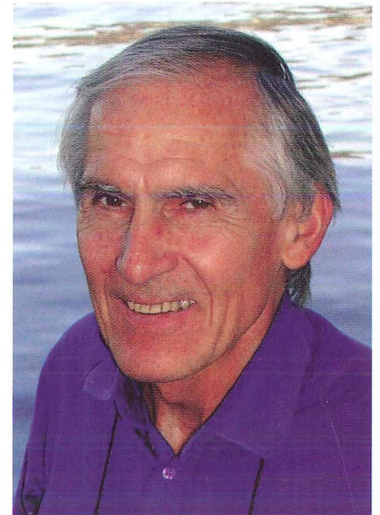
# FIL DET VÆRE MULIG Å DYRKE BLÅSKJELL TIL KONSUM I HARDANGERFJORDEN I FREMTIDEN?

**Kåre Julshamn og  
Arne Duinker**

Hardangerfjorden med tilstøtende fjorder har hatt ord på seg for å være sterkt forurenset av blant annet metaller, og derfor uegnet som sted for oppdrett av skjell. Bakgrunnen for forurensningen av fjorden har vært tungindustrien innerst inne i Sørfjorden, og spesielt Norzink har sluppet ut metallisk avfall i Sørfjorden gjennom mange ti-år, helt fra 1915. På 1970-tallet ble det foretatt grundige undersøkelser av metaller i forskjellige organismer i Sørfjorden og Hardangerfjorden og undersøkelsene viste at fjorden var sterkt forurenset. Konsentrasjonene av bly og kadmium i blåskjell var blant de høyeste som var registrert noensinne i den vestlige verden. Den ansvarlige ledelse for indus-



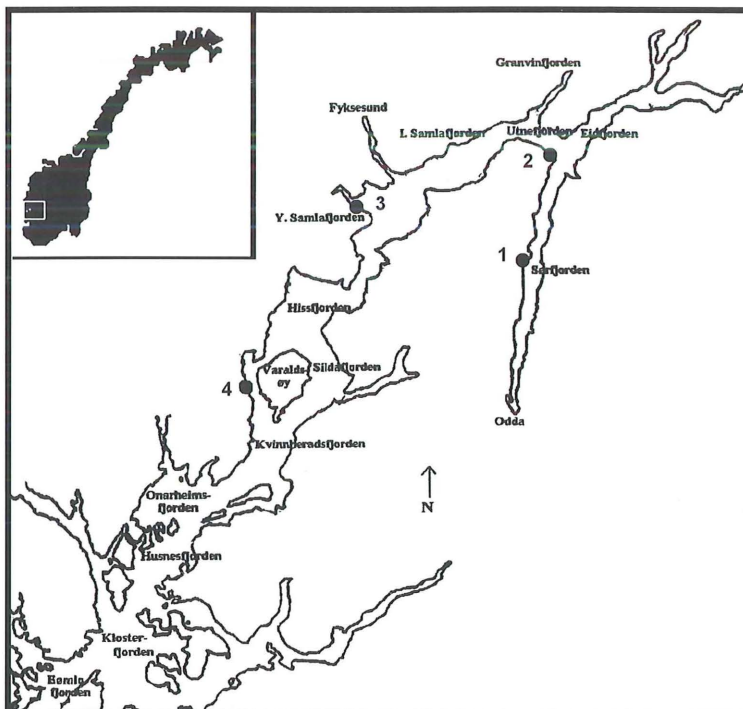
Arne Duinker.  
(Foto: Dag Paulsen)



Kåre Julshamn.  
(Foto: Dag Paulsen)

trien hadde problemer med å innse at det var de som var synderne for de bedrøvelige miljøforholdene i fjorden. De mente at det uorganiske avfallet (jarositt) som ble

sluppet ut var så å si inert og kunne ikke være grunnen til metallforurensningen som kunne dokumenteres ytterst ute i Hardangerfjorden (200–250 km fra utslippsstedet).



Norzink gjennomførte tiltak knyttet til utslipp av metaller allerede på slutten på 70-tallet, uten at det gav noen signifikant bedring av miljøforholdene i Hardangerfjorden. Dette ble dokumentert i en stor undersøkelse som Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt sammen med SFT og Havforskningsinstituttet utførte i 1983 og 1984. I denne studien ble sei, flyndre og blåskjell undersøkt fra 36 stasjoner helt ut til Valevåg for kadmium, bly, samt en rekke andre stoffer. Resultatene for bly kan sees i tabell 1. Myndighetene krevde på bakgrunn av denne undersøkelsen at Norzink skulle sette i verk tiltak for å lagre det metalliske avfallet på land. Fjellhaller ble laget og avfallet ble lagret i disse hallene fra 1986. I tillegg ble sedimentene i Eitrem-



**Tabell 1.** Gjennomsnitt  $\pm$  S.D. (mg/kg frisk vekt) av bly i hel blåskjell (*Mytilus edulis*) fra forskjellige steder i Hardangerfjorden og Sørffjorden i perioden fra 1982 til 1998. Størrelsen av blåskjellene var fra 30 til 40 mm og hver prøve besto av 25 skjell (N=3).

Sites	1983	1992	1998
Måge	120 $\pm$ 10	6 $\pm$ 2	1.5 $\pm$ 0.1
Utne	65 $\pm$ 8	2.2 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.2
Nordheimsund	40 $\pm$ 5	0.9 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.1
Varalsøy	10 $\pm$ 1	1.2 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.2

vågen dekket til med fiberduk fra 1990. Disse tiltakene har helt klart hatt positive virkninger.

I 1992 ble det foretatt en ny undersøkelse knyttet til tungmetallinnholdet i skjell og fisk fra Hardangerfjorden. Denne undersøkelsen ble utført ved Instituttet i forbindelse med en cand. scient. oppgave i ernæringsbiologi ved UiB i 1992. Resultatene viste en relativ nedgang i kadmiuminnholdet i blåskjell på ca 10 ganger, mens den relative nedgangen for bly var ca. 50 ganger (tabell 1). Fortsatt var det tydelige tegn på at blåskjell høstet i Hardangerfjorden var forurenset. I 1998 ble den siste undersøkelsen foretatt, denne gangen som en cand. scient. oppgave i miljøkjemi knyttet til

tungmetallinnholdet i blåskjell. Resultatene viste fortsatt en nedgang sammenlignet med undersøkelsen fra 1993. Innholdet av både kadmium og bly, som har vært «problem metallene» i blåskjell i Hardangerfjorden, viste nå nivåer som var lavere enn 1.0 mg/kg friske skjell i deler av fjorden (tabell 1). Dette er EUs forslag til øvre grenseverdier for bly og kadmium i matvarer.

Resultatene i tabell 1 viser en positiv utvikling fra 1983 og frem til i dag. Likevel avdekker resultatene forhøyede verdier av både bly og kadmium i blåskjell sammenlignet med hva som er normalverdier for disse metallene høstet i «rent vann». Normalverdiene for kadmium i blåskjell fra «uforuren-

set vann» varierer fra 0,05 til 0,2 mg/kg (de laveste verdiene for kadmium i blåskjell fra Hardangerfjorden var 0,35 mg/kg blåskjell), mens normalverdiene for bly varierer fra 0,08 til 0,4 mg/kg (ref. Fiskeridirektoratets overvåkningsprogram for blåskjell).

Med bakgrunn i EUs forslag til øvre grenseverdier for bly og kadmium i blåskjell på 1,0 mg/kg, kan det dyrkes blåskjell i store deler av Hardangerfjorden. Et prosjekt er nå satt i gang med prøvedyrking av blåskjell på utvalgte lokaliteter i Hardangerfjorden. Hver lokalitet følges nøye opp med analyser av tungmetaller og organiske fremmedstoffer i skjellene. Kommersiell dyrking vil kunne tillates i umiddelbar nærhet av de lokalitetene som viser tilfredsstillende verdier i skjellene. Det som også synes klart, er at blåskjellnæringen er en sårbar næring, og at skjelldyrkere fra Hardanger må vise at innholdet av de kritiske metallene bly og kadmium fortsatt avtar, først da kan det være tilrådelig at blåskjellene eksporteres, under forutsetning av at algetoksinene er under kontroll.

### Summary:

Three surveys of heavy metals in blue mussel (*Mytilus edulis*) sampled in Hardangerfjorden and Sørffjorden have been carried out in the period from 1983 to 1998. From exceptionally high levels in 1983, a drastic improvement was seen in 1992, with further decline in 1998. The level of metals in 1998 show that the area is still slightly contaminated with cadmium and lead. However, it is amazing that the fjord system has recovered to such an extent over the last 20 years, and the levels of cadmium and lead in parts of the fjord are now below the limits of 1.0 mg/kg for both metals that has been proposed by the EC. Further improvement is expected and the situation will be monitored. Proper documentation may allow harvesting of mussels to human consume from this fjord in the future.

# ANALYSE AV ULIKE FORMER AV VITAMIN B6 VED HJELP AV HPLC

Rune Waagbø,  
Ragnhild Fismen  
& Tone Friis

## Innledning

Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt har lang tradisjon og erfaring innen analyse av B-vitaminer ved bruk av mikrobiologiske metoder. De i alt åtte B-vitaminene analyseres i dag etter akkrediterte metoder basert på dette prinsippet. Dette er nøyaktige, men tidkrevende metoder. Som verktøy i forskningen rundt vannløselige vitaminer ser vi et økende behov for følsom metodikk som kan skille mellom ulike koenzymformer av vitaminet og som krever mindre materiale. Instituttet har ledet en arbeidsgruppe i det europeiske standardiseringsorganet CEN (CEN TC 275/WG 9) som har som mål å utarbeide analysestandarder for

fettløselige og vannløselige vitaminer. I denne gruppen har man diskutert en metode for vitamin B6 målt ved hjelp av HPLC som analyserer de ulike koenzymformene i animalsk og vegetabilsk materiale. Foruten koenzymformene pyridoksin, pyridoksal og pyridoksamin inkludert deres fosforylerte former, kan metoden analysere glykosylert pyridoksin. Det sistnevnte er av vegetabilsk opprinnelse og er sannsynligvis en mindre tilgjengelig form av vitaminet.

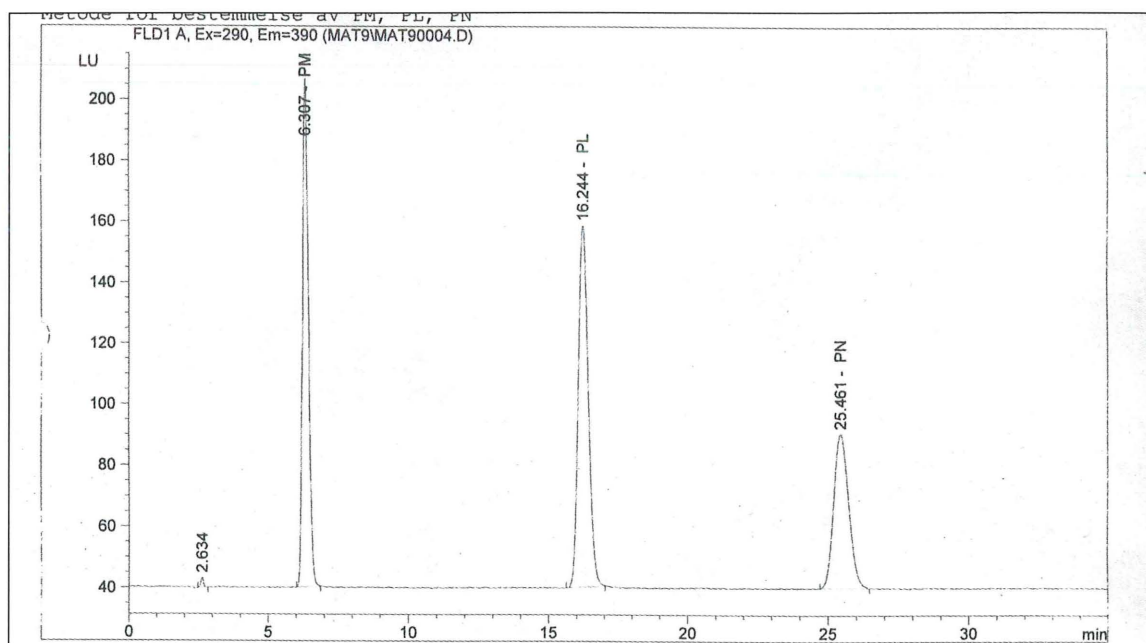
## HPLC analyse

Man frigjør vitaminene i næringsmidlene med sur hydrolyse. Enzymet sur fosfatase konverterer koenzymformene til de respektive tre hovedformene pyridoksin (PN), pyridoksal (PL) og pyridoksamin (PM). Analyseprinsippet bygger på revers fase HPLC med fluori-

metrisk deteksjon. Man benytter eksterne standarder for PN, PL og PM og beregner innholdet ut i fra disse. Man kan beregne det totale vitamininnholdet ved å konvertere alle verdier til PN ved bruk av gitte faktorer og summere disse. Den glykosylerte formene av pyridoksin bestemmes etter enzymbehandling med  $\beta$ -glukosidase.

## Stabilitet i sjømat

Instituttet har innledet arbeidet med HPLC analyse av vitamin B6 gjennom to hovedfagsoppgaver. Den ene oppgaven tar for seg analyse koenzym former av pyridoksin i sjømat og andre næringsmidler ved HPLC metode, og sammenlikner resultatene med den akkrediterte mikrobiologiske metoden. Ulike næringsmidler har ulikt forhold mellom koenzymformene og man kan tenke seg at de ulike formene har ulik stabilitet



Figur 1. Kromatogram av standardløsninger viser retensjonstidene til pyridoksamin (PM) og pyridoksal (PL) og pyridoksin (PN) former av vitamin B6 (alle  $0.17 \text{ mg mL}^{-1}$ ).



overfor bearbeiding og behandling av næringsmidlene. Oppgaven vil derfor undersøke om innholdet og formene av vitaminet i laksemuskel endres som følge av ulik føring av fisken og behandling av produktet. Behandling inkluderer frysing, lagring, vakuumering, koking og røking. En oppfatning av innholdet og fordelingen av koenzymformer i ubehandlede og behandlede næringsmidler er viktig for det videre arbeidet med biotilgjengelighet og omsetning av vitaminet i kroppen.

**Tabell 1.** Innhold av PM, PL, PN og total PN (mg g<sup>-1</sup> i utvalgte næringsmidler). For å illustrere glykosylert PN er analyse av potet og gulrot oppgitt med og uten β-glukosidasebehandling.

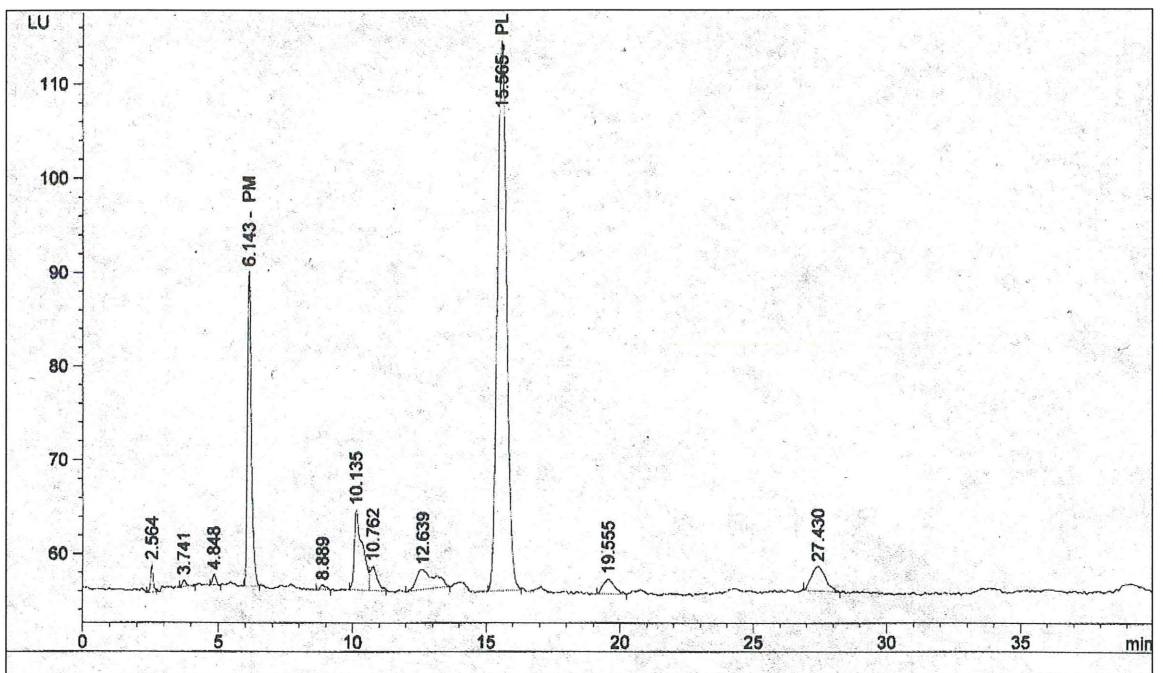
Næringsmiddel	PM	PL	PN	Total β
Laks	0,82	4,87	0,07	5,77
Kveite	0,56	4,27	0	4,89
Torsk	0,47	1,82	0	2,31
Kylling	1,96	5,27	0	7,30
Biff (Storfe)	3,42	1,52	0,71	5,68
Potet	0,27	0,49	1,25	2,02
(uten β-glukosidase)	0,25	0,52	0,44	1,22
Gulrot	0,11	0,19	0,57	0,87
(uten β-glukosidase)	0,09	0,22	0,20	0,51

**Biotilgjengelighet av vitamin B6 fra sjømat**

Av flere helsemessige årsaker (hjertekar lidelser, kreft o.a., immunsvikt) er det et generelt økt fokus på vitaminer, både kartlegging av inntak gjennom kosten og vitaminstatus generelt i befolkningen og hos risikogrupper.

Inntaket av vitamin B6 vil i likhet med andre mikronæringsstoff avhenge av både mengde og form av vitaminet i kosten. Det er antydnet at vitamere former av pyridoksin i matvarer har ulik biotilgjengelighet, men det er stor usikkerhet knyttet til det analytiske verktøyet som har vært benyttet.

Den andre hovedoppgaven omhandler analyse av vitamin B6 former i matvarer og vil studere hvordan formene tas opp og omsettes i kroppen. I føringsforsøket skal man klarlegge biotilgjengelighet og omsetningen av vitamin B6 former fra sjømat og andre kilder, gjennom analyse av vitaminet i



**Figur 2.** Kromatogram av laksemuskel viser pyridoksamin (PM) og pyridoksal (PL) former av vitamin B6.

maten og rottens organer, blod og ekskresjonsprodukter.

#### **Foreløpige resultater**

Metoden for analyse av vitamere former av B6 ser lovende ut (figur 1). Noen tekniske tilpasninger gjenstår. Analyse av sjømat viser at innholdet av vitamin B6 består i hovedsak av PM og PL formene (se kromatogram i figur 2).

Analyse av vegetabiliske næringsmidler viser at noen av disse (for

eksempel potet og gulrot) inneholder en betydelig andel vitamin i form av glykosylert PN (se tabell 1).

Ved behandling av laksefilet endres forholdet mellom de vitamere formene av vitamin B6. Ved koking ser det ut for at PM-innholdet reduseres, mens PL-innholdet øker omtrent tilsvarende. Dette resultatet er basert på våtvekten til materialet. Den samme inverse endring i forholdet mellom PM og PL finner man for kjøle-

lagret og innfrosset vakuumert fisk som har et høyere innhold av PM enn fersk og fersk vakuumert fisk, og tilsvarende motsatt for PL. Av fisk fôret med fire ulike fôrtyper var det én fôrtype som muligens peker seg ut med høyere innhold av PM og lavere av PL. Disse verdiene baseres på proteininnholdet i fisken. Databearbeiding og fortolkning av resultatene fra dette arbeidet gjenstår.

#### ***English summary:***

*At the Institute of Nutrition, Directorate of Fisheries all the B-vitamins are presently determined by nationally accredited microbiological assays. In vitamin research there is an increased need for assays that can determine coenzyme or different vitamer forms of the single vitamins. Two master students at the Institute of Nutrition have started the work to implement an HPLC analysis for pyridoxin vitamers, including the glycosilated forms. The works include analysis of vitamers in seafood and other foods, changes in vitamer profile in salmon fillet during treatment (feeding, freezing, storage, vacuuming, smoking and cooking), and availability and metabolism of vitamers from foods as evaluated by a feeding study on rats.*



# FORSKNINGSPROSJEKTER

En rekke små prosjekter er ikke tatt med i listen

## I ERNÆRING, FÔR OG FÔRRESSURSER

<i>Prosjekttittel</i>	<i>Ekstern finansieringskilde</i>	<i>Ansvarlig institusjon</i>	<i>Prosjektleder ved FEI</i>
Ernæring og regulering av veksthastighet hos laks. (1998 – 2001)	NFR	FEI	Einar Lied
Processing and Feed Quality of Fish Silage (delprosjekt), The «Bei Dou» Fisheries Research and Management Project. (1997 – 2000)	NORAD	FEI	Einar Lied
Interaksjoner mellom førsammensetning og lys i oppdrett av laks. (1998 – 2000)	NFR	HI	Gro-Ingunn Hemre
Karotenoiders provitamin A funksjon i tidlige livsstadier hos laks med spesiell fokus på utviklingsfeil. (2000 – 2002)	NFR	FEI	Gro-Ingunn Hemre
En ny type fiskefôr – produksjonsegenskaper og utføringsløsninger. (2000 – 2001)	NFR/Industri		Gro-Ingunn Hemre
Intensiv yngelproduksjon av kveite – ernæring og yngelkvalitet. (1997 – 2000)	NFR	HI	Kristin Hamre
Miljøfôr til laks basert på avskjær og naturlige antioksidanter. (1997 – 2000)	NFR/Industri		Kristin Hamre
Kartlegging av lipoprotein metabolismen i laks. (2000 – 2002)	NFR	FEI	Livar Frøyland
Muskelspalting hos oppdrettet laks. (1998 – 2001)	NFR/Industri		Livar Frøyland
Ernæringsbetinget eggkvalitet hos kveite, <i>Hippoglossus hippoglossus</i> . (1999 – 2001)	NFR	FEI	Ragnar Nortvedt
Flekksteinbit i oppdrett – fokus på vannkvalitet. (2000 – 2002)	NFR	UiT	Ragnar Nortvedt
Ernæringsbetinget eggkvalitet hos kveite. (2000 – 2002)	NMR (Nordisk Ministerråd)	FEI	Ragnar Nortvedt
Importance of dietary histidine, iron and zinc concentrations on cataract development in two strains of Atlantic salmon held under various environmental conditions. (2000 – 2002)	NFR/Industri		Rune Waagbø
EU – Katarakt. (1998 – 2000)	EU	VESO	Rune Waagbø

## II SJØMAT I HUMAN ERNÆRING

<i>Prosjekttittel</i>	<i>Ekstern finansieringskilde</i>	<i>Ansvarlig institusjon</i>	<i>Prosjektleder ved FEI</i>
Vurdering av biokjemiske og fysiologiske effekter, samt biotilgjengelighet av kvikksølv hos laks og rotter eksponert via føde. (1999 – 2001)	NFR	FEI	Anne-Katrine L. Haldorsen
Nukleotider fra fiskemelke – effekter på ernæringsstatus. (1999 – 2001)	NFR/Industri		Einar Lied
Processing of protein foods to improve nutrition and health. (1994 – 2000)	NUFU	UiB	Einar Lied
Matvaretabellen. (1998 – 2000)	SNT	Veterinærinstituttet	Kåre Julshamn
Sink i U-lands ernæring. (1997 – 2000)	EU	UiB	Kåre Julshamn
Sjømat, sunn og sikker mat, forskning for dokumentasjon av ernæringskvalitet og helseeffekter. (1998 – 2001)	NFR	FEI	Kåre Julshamn
Økt verdiskaping fra laksebiprodukt Fett/Protein interaksjoner. (2000 – 2002)	NFR/Industri		Marit Espe
Kvalitet på laks og kveite.	NFR	HI	Ragnar Nortvedt

## III ADMINISTRATIVE PROSJEKTER

<i>Prosjekttittel</i>	<i>Ekstern finansieringskilde</i>	<i>Ansvarlig institusjon</i>	<i>Prosjektleder ved FEI</i>
Administrasjon av programmet Marine arter i oppdrett (1997 – 30.04.2000)	NFR	FEI	Gro-Ingunn Hemre
Administrasjon av programmet Produksjon av laksefisk (1996 – 30.04.2000)	NFR	FEI	Ragnar Nortvedt

## STRATEGISKE PROGRAM

Nutrition in larvae and juveniles of the Atlantic halibut. (1999 – 2003)	NFR	FEI	Kristin Hamre
--	-----	-----	---------------



# UNDERSVISNING, RÅD OG UTVALG

**Fullført Dr. scient**

**Gerd Eikeland Berge**

Lysine and Arginine; Requirements and Interactions in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)  
Dr.thesis, Institute of Nutrition, Directorate of Fisheries and Institute of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, 58 p. + IV papers.

**Anne Mæland**

Water-soluble vitamins in the nutrition of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., larvae and juveniles  
Dr.thesis, Institute of Nutrition, Directorate of Fisheries and Institute of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, 58 p. + IV papers.

**Bente Torstensen**

Transport and metabolism of lipids in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)  
Dr.thesis, Institute of Nutrition, Directorate of Fisheries and Institute of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, 43 p. + IV papers.

**Marc Berntssen**

A toxicological evaluation of Cu and Cd in feed to Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.)  
Dr.thesis, Institute of Nutrition, Directorate of Fisheries and Institute of Fisheries and Marine Biology, University of Bergen, 57 p. + V papers.

**Fullførte Cand.scient oppgaver i ernæringsbiologi:**

**Elling Tuftte Bere**

*In vitro* Absorption of BCAA in pyloric caeca in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.)

**Mari Moren**

Omdanning av karotenoider til vitamin A hos yngel av kveite (*Hippoglossus hippoglossus* L.)

**Hege Bertelsen**

Den næringsmiddelkjemiske sammensetning i filet fra kveite (*Hippoglossus hippoglossus* L.) gitt tre ulike fiskefôr

**Linn Anne Bjelland**

Marine fatty acids in relation to inflammatory bowel disease (IBD)

**Ole Jørgen Michelsen**

Effect of different lipid sources on the non-specific immune system of Atlantic salmon (*Salmo salar*)

**Andre hovedoppgaver**

**Anders Øfsti**

(Universitetet i Bergen, Institutt for fiskeri- og marinbiologi / Havforskningsinstituttet / FEI)  
Optimising macronutrient ratio in formulated diets for post-metamorphic Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) juveniles – A multivariate approach.

**Georg Tuwor**

(Universitetet i Bergen, Senter for internasjonal helse / FEI)  
Assessing the feasibility of studying the impact of nutrient supplementation on growth and some aspects of the humoral immune system. A pilot study with Ghanaian children.

**Cathrine Børufsen Solberg**

(Universitetet i Bergen, kjemisk institutt / FEI)  
Kobber som antigromiddel i det marine miljø

**Eili Kristin Torpe**

(Universitetet i Bergen, kjemisk institutt / FEI)  
Er tungmetall framleis eit hinder for utviklinga av ei blåskjellnæring i Hardangerfjorden?

## UNDERSVISNING, RÅD OG UTVALG

**Marc H.G. Berntssen**

Forelesninger knyttet til BE268 Fiskeernæring (6 timer), BE 364 Kvalitet av sjømat (2 timer).

**Duinker, Arne** gir forelesninger om skjell i emnet BFM341 i hovedfagskurs i akvakultur (2 timer).

**Espe, Marit** Forelesninger knyttet til BE364 Kvalitet av sjømat (ansvarlig). Sensor i fiskeernæring FH207 UiTø. Komité for dr. scient disputas Marc Berntssen.

**Frøyland, Livar** Ansattes representant i rådet for Fiskeridirektoratets ernæringsinstitutt. Styremedlem i Norsk Biokjemisk selskap, avd.Bergen. Leder av lokallaget Forskerforbundet ved Fiskeridirektoratet. Foreleser i BE364, Kvalitet av sjømat. Sensor ved Institutt for biokjemi og molekylærbiologi, UiB.

**Graff, Ingvild Eide** Laboratorieansvarlig for BE360 Næringsmiddelkjemi og -analyse. Ansvarlig for temaet kostholdsundersøkelser (8t) knyttet til BE361 (Generell ernæring). Forelesninger knyttet til BFM 240 Akvakultur (2t). Kasserer i Norsk Selskap for Ernæring. Medlem i arrangementskomiteen for Det 11. norske fiskeernæringsseminar i Norheimsund 8.-10. mai 2000.

**Haldorsen, Anne-Kathrine**

**Lundebye** Forelesning knyttet til BE364 Kvalitet av sjømat (2 timer). Ansvarlig for kurset BE362 Næringsmiddel toksikologi, 16 forelesninger (1 vektall). Referee for det internasjonale tidsskriftet: Aquatic Toxicology

**Hamre, Kristin** Forelesninger

knyttet til BMF 341 Akvakultur (2 timer), BE364 Kvalitet av sjømat (2 timer) og BMF240 Akvakultur. Delemne: Fôr, ernæring og fôrressurser (4t)

**Hemre, Gro-Ingunn** Program-

koordinatør for programmet Marine arter i oppdrett, Norges forskningsråd. Styremedlem i Styret for Fiskeriforskning. Komité for dr. scient disputas Gerd E. Berge. Medlem i utvalget: Kunnskapstatus for GMO-mat, oppnevnt av Helse- og Sosial departementet, med produksjon av NOU rapport 2000:29: GMO-mat.

**Julshamn, K.** er leder for komite for kjemi under Nordisk metodikomite for næringsmidlers (NMKL). Medlem i Faglig forum for prøvetaking og analyser av næringsmidler og fôr under Veterinærinstituttet. Videre norsk medlem i følgende komiteer under Nordisk Ministerråd: Etablering av nettverk for kjemiske ekspertlaboratorier i Norden (formann i 2000/2001) og Utvikling av prosedyrer for bruk av sertifiserte referansematerialer til bruk i kjemiske laboratorier. Referee for følgende kjemiske analysemetoder i NMKL: Bestemmelse av arsen i sjømatprodukter med grafittovn AAS og Bestemmelse av total kvikksølv i fisk og annen sjømat med «flow injection» kalldamp AAS.

Referee for tidsskriftet J AOAC.

Medlem av arbeidsgruppen CEN/TC 275/WG 10. Food analyses. Horizontal methods – Heavy metals. Medlem til SNTs råd (utnevnt av NFR) og varamedlem til Rådet for Senter for internasjonal helse. Kasserer for Miljøkjemisk vintermøte, samt medlem i arrangementkomiteen for European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, Hafjell 4–8 februar 2001. Professor II ved UiB, knyttet til undervisning i emnet BE360 Næringsmiddelkjemi og analyse (5 vektall).

**Lied, Einar** er rådgiver for International Foundation for Science, Stockholm. Han er professor II, knyttet til undervisning i ernæring og helse ved Senter for internasjonal helse, UiB. Sensor ved Høgskolen i Ålesund.

**Lie, Øyvind** leder arbeidsgruppen CEN/TC 275/WG9. Food analyses, Horizontal methods – Vitamins. Han er sjefsredaktør i tidsskriftet Aquaculture Nutrition. Lie er Professor II knyttet til emnet BE361 Generell ernæring. Styreformann i Lipidforum.

**Nortvedt, Ragnar** var programkoordinatør for programmet «Produksjon av laksefisk», Norges forskningsråd frem til 30. April 2000. I den sammenheng var han også koordinatør for programkomiteen for NFR sin avslutningskonferanse i februar 2000 for forskningsprogrammene «Fiske – og dyrehelse», «Marine arter i oppdrett» og «Produksjon av laksefisk»: Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utvikling. 14. – 16. februar 2000, med 330 deltagere. Ragnar Nor-

tedt var redaktør for heftet «Kunnskapstatus for produksjon av laksefisk», utgitt av programmet «Produksjon av laksefisk», Norges forskningsråd, og han gjennomførte ressurskartlegging av offentlige og private ressurser brukt innen havbruksforskning i 1997 og 1998, på oppdrag fra Bioproduksjon og Foredling, Norges forskningsråd. Andre administrative oppgaver i år 2000 inkluderte å være leder for bedømmelseskomiteen for Bente Elisabeth Torstensen dr.scient-grad, samt være ernæringsinstituttets ansvarlige for arrangementene «Åpent hus ved Fiskeridirektoratet» og «Forskningsdagene» i Bergen, initiert av Norges forskningsråd. Ragnar Nortvedt veiledet tre hovedfagsstudenter og holdt en forelesning (2 t) på emnet BE364 Kvalitet av sjømat, Institutt for Fiskeri og Marinbiologi, UiB. Han er forretningsfører for Stiftelsen Infometrics Publisher som utgir læreboken «Anvendelse av kjemometri innen forskning og industri».

**Torstensen, Bente.** Leder for arrangementskomiteen for det 11. norske fiskerierneringsseminar i Norheimsund 8.–10. mai 2000.

**Waagbø, Rune** er medlem av Comité Européen de Normalisation (CEN) tekniske komité – arbeidsgruppe 9 (CEN/TC 275/WG 9), utarbeidelse av standardiserte metoder for analyse av vitaminer. Partner i EU FAIR CA prosjektet «Cataracts in farmed fish», ledet av VESO, Oslo. Waagbø er medlem i Fiskeridirektoratets samarbeidsorgan for forskrift om fôrvarer til fisk, medlem av fagrådet i ernæringsnettstedet [www.DinKost.no](http://www.DinKost.no) og medlem av fagkomiteen for The Cultivation of



Salmon II, May 2001. Han er medredaktør i Aquaculture Nutrition og i boken Fiskeernæring. Han er professor II ved UiB knyttet til BE268 Ernæring hos fisk (3 vt). Dr. scient komite-medlem og 1. opponent for Siri Wang (UiO), leder av dr. philos. komiteen for Harald Sveier (UiB), komiteemedlem og eneopponent for Velimatti Ollilainen (UiHelsinki).

## **PUBLIKASJONER:**

### **INTERNASJONALE PUBLIKASJONER**

**BERNTSSEN, M. H. G., LUNDEBYE, A. K. and HAMRE, K.**

Tissue lipid peroxidative responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr fed high levels of dietary copper and cadmium. Fish Physiology and Biochemistry **23**: 35–48

**BJØRNSSON, B. T., HEMRE, G. I., BJØRNEVIK, M. and HANSEN, T.**

Photoperiod regulation of plasma growth hormone levels during induced smoltification of under-yearling Atlantic salmon. Journal of Comparative Endocrinology **119**: 7–25

**DENG, D. F., REFSTIE, S., HEMRE, G.-I., CROCKER, C. E., CHEN, H. Y., CECH, J. J. and HUNG, S. S. O.**

A new technique of feeding, repeated sampling of blood and continuous collection of urine in white sturgeon. Fish Physiology and Biochemistry **22**: 191–197

**FJERMESTAD, A., HEMRE, G. I., HOLM, J. C., TOTLAND, G. K. and FRØYLAND, L.**

Effects of different dietary fat levels in cage-fed Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). European Journal Lipid Science Technology: 282–286

**FRØYLAND, L., LIE, Ø. and BERGE, R. K.**

Mitochondrial and peroxisomal  $\beta$ -oxidation capacities in various tissues from Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture Nutrition **6**: 85–89

**HANDELAND, S. O., BERGE, A., BJØRNSSON, B. T., LIE, Ø. and STEFANSSON, S. O.**

Seawater adaptation by out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at different temperatures. Aquaculture **181**: 377–396

**HEMRE, G. I., SHIAU, S. Y., DENG, D. F., STOREBAKKEN, T. and HUNG, S. S. O.**

Utilization of hydrolysed potato starch by juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L., when using a restricted feeding regime. Aquaculture Research **31**: 207–212

**HEMRE, G.-I. and STOREBAKKEN, T.**

Tissue and organ distribution of  $^{14}$ C-activity in dextrin-adapted Atlantic salmon after oral administration of radiolabelled  $^{14}$ C1-glucose. Aquaculture Nutrition **6**: 229–234

**IMSLAND, A. K., JONASSEN, T. M., STEFANSSON, S. O., KADOWAKI, S. and BERNTSSEN, M. H. G.**

Intraspecific differences in physiological efficiency of Juvenile

Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.).

Journal of the World Aquaculture Society **31**: 285–296

**JULSHAMN, K. and GRAHL-NIELSEN, O.**

Trace element levels in harp seal (*Pagophilus groenlandicus*) and hooded seal (*Cystophora cristata*) from the Greenland Sea. A multivariate approach. The Science of the Total Environment **250**: 123–133

**JULSHAMN, K., LEA, P. and THORLACIUS, A.**

Determination of arsenic in seafood by electrothermal atomic absorption spectrometry after microwave digestion: NMKL collaborative study. Journal of AOAC International **83**: 1423–1428

**LIASET, B., LIED, E. and ESPE, M.**

Enzymatic hydrolysis of by-products from the fish-filleting industry; chemical characterisation and nutritional evaluation. Journal of the Science of Food and Agriculture **80**: 581–589

**LYGREN, B., HAMRE, K. and WAAGBØ, R.**

Effect of induced hyperoxia on the antioxidant status of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed three different levels of dietary vitamin E. Aquaculture Research **31**: 401–407

**MÆLAND, A., RØNNESTAD, I., FYHN, H. J., BERG, L. and WAAGBØ, R.**

Water-soluble vitamins in natural plankton (copepods) during two consecutive spring blooms compared to vitamins in *Artemia franciscana* nauplii and metanauplii.

*Marine Biology* **136**: 765–772

**MAAGE, A., LYGREN, B. and EL-MOWAFI, A. F. A.**

Manganese requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry.

*Fisheries Sciences* **66**: 1–8

**OLSEN, A. I., MÆLAND, A., WAAGBØ, R. and OLSEN, Y.**

Effect of algal addition on stability of fatty acids and some water-soluble vitamins in juvenile *Artemia franciscana*.

*Aquaculture Nutrition* **6**: 263–273

**STROHMEIER, T., DUINKER, A. and LIE, Ø.**

Seasonal variation in chemical composition of the female gonad and storage organs in (*Pecten maximus* L.) – suggesting that somatic and reproductive growth are separated in time.

*Journal of Shellfish Research* **19**: 741–747

**TORSTENSEN, B. E., LIE, Ø. and FRØYLAND, L.**

Lipid Metabolism and Tissue Composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – Effects of Capelin Oil, Palm Oil, and Oleic Acid-Enriched Sunflower Oil as Dietary Lipid Sources.

*Lipids* **35**: 653–664

**TOTLAND, G. K., MADSEN, L., KLEMENTSEN, B., VAA-GENES, H., KRYVI, H., FRØYLAND, L., HEXEBERG, S. and BERGE, R. K.**

Proliferation of mitochondria and gene expression of carnitine palmitoyltransferase and fatty acyl-CoA oxidase in rat skeletal muscle, heart and liver by hypolipidemic fatty acids.

*Biology of the cell* **92**: 317–329

**WAAGBØ, R., HAMRE, K. and MAAGE, A.**

Review: The impact of micronutrients on the requirement of ascorbic acid in crustaceans and fish. In *Ascorbic Acid in Aquatic Organisms – Status and perspectives.*

(K. Dabrowski, ed.). CRC Press, Boca Raton, 105–131.

**WELTZIEN, F. A., HEMRE, G. I., EVJEMO, J. O., OLSEN, Y. and FYHN, H. J.**

$\beta$ -Hydroxybutyrate in developing nauplii of brine shrimp (*Artemia franciscana* K.) under feeding and non-feeding conditions.

*Comparative Biochemistry and Physiology* **125**: 63–69

### INTERNASJONALE PUBLIKASJONER TIL TRYKKING ELLER AKSEPTERT

**BERNTSSEN, M. H. G., ASPHOLM, O. Ø., HYLLAND, K., WENDELAAR BONGA, S. E. and LUNDEBYE, A.-K.**

Tissue metallothionein, apoptosis and cell proliferation responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr fed elevated dietary cadmium.

*Comparative Biochemistry and Physiology*: In press

**BERNTSSEN, M. H. G. and LUNDEBYE, A.-K.**

Energetics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr fed elevated dietary cadmium.

*Comparative Biochemistry and Physiology*: In press

**DANG, Z. C., BERNTSSEN, M. H. G., LUNDEBYE, A.-K.,**

**LOCK, R. A. C., FLIK, G. and WENDELAAR BONGA, S. E.**

Effects of dietary Cd on metallo-

thionein and cortisol receptor density in the gills of Atlantic salmon (*Salmo salar*).

*Aquatic Toxicology*: In press

**HAMRE, K., NÆSS, T., ESPE, M., HOLM, J. C. and LIE, Ø.**

A formulated diet for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*, L.) larvae.

*Aquaculture Nutrition*: In press

**HANSEN, T., KARLSEN, Ø., TARANGER, G. L., HEMRE, G.-I., HOLM, J. C. and KJESBU, O. S.**

Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods.

*Aquaculture*: In press

**HEMRE, G. I., JUELL, J. E., LIE, Ø. and HOLM, J. C.**

Lipid content in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) measured by Torry Fat Meter and ethyl acetate extraction.

*Aquaculture Engineering*: In press

**HEMRE, G.-I., BJØRNEVIK, M., BEATTIE, C., BJØRNSON, B. T. and HANSEN, T.**

Growth and salt-water tolerance of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* reared under different combinations of dietary carbohydrate and photoperiod regime.

*Aquaculture Nutrition*: In press

**MALDE, M. K., BJØRVATN, K. and JULSHAMN, K.**

Determination of fluorine in food by the use of alkali fusion and fluoride ion-selective electrode.

*Food Chemistry*: Accepted

**MAAGE, A., JULSHAMN, K. and BERGE, G. E.**

Zinc gluconate and zinc sulphate



are equally efficient as dietary zinc sources for Atlantic salmon (*Salmo salar*).

Aquaculture Nutrition: Accepted

**NÆSS, T., HAMRE, K. AND HOLM, J.C.**

Successful early weaning of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*, L.) in small shallow raceway systems.

Aquaculture research: Accepted

**TORRISSEN, O. J., HEMRE, G.-I. and SANDNES, K.**

High energy diets – effect on flesh pigmentation and quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. Accepted

**TORSTENSEN, B., LIE, Ø. and HAMRE, K.**

A factorial experimental design for investigation of effects of dietary lipid content and pro- and antioxidants on lipid composition in Atlantic salmon (*Salmo salar*) tissues and lipoproteins.

Aquaculture Nutrition: Accepted

**ØRNSRUD, R., GRAFF, I. E., HØIE, S., TOTLAND, G. and HEMRE, G.-I.**

Hypervitaminosis A in first-feeding fry of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).

Aquaculture Nutrition: In press

**FOREDRAG/PLAKATER  
INTERNASJONALE  
MØTER PROCEEDINGS  
OG UTVIDETE  
ABSTRACTS**

**BERNTSSEN, M. H. G.**

Over-supplementation of copper to fish feed: Utilisation and lipid oxidative stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).

Symposium Finfish Nutrition, Grasmere, UK.

**BJELLAND, L. A., BERSTAD, A. and FRØYLAND, L.**

Poster: Marine fatty acids in relation to intestinal inflammation- Marine fatty acids in relation to intestinal inflammation.

4th International congress of the international society for the study of fatty acids and lipids, Tsukuba, Japan.

**BJERKÅS, E., BJØRNESTAD, E., BRECK, O. and WAAGBØ, R.**

Cataract in smolting Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) following fluctuation in water temperature.

Responsible Aquaculture in the New Millennium, Nice.

**DAHL, L., ALMELID, M. and JULSHAMN, K.**

Metabolism of two different chemical forms of iodine in rats. 7th Nordic Nutrition Congress, Mariehamn, Åland.

**ESPE, M., FRØYLAND, L., NORTVEDT, R., BJØRNEVIK, M. and KIESSLING, A.**

Are there any connection between the quality problems, gaping and softness and the connective tissues in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) ? 30th WEFTA meeting, The Faroe Islands.

**FRØYLAND, L.**

Trygg mat.

Foredrag for sveitsiske journalister og importører, Zürich, Sveits.

**FRØYLAND, L., TORSTENSEN, B., HATLEN, B. and WAAGBØ, R.**

Growth, Gross composition, Health- and Antioxidant status in

Atlantic salmon *Salmo salar* fed vegetable oils, fish oil or mixtures. The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

**GRAFF, I. E., WAAGBØ, R., FIVELSTAD, S., VERMEER, C., LIE, Ø. and LUNDEBYE, A.-K.**

Poster: Bone mineralisation in smolting Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – A study on the effects of dietary menadione, vitamin D3, and calcium, and water carbon dioxide levels in a multivariate design. The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

**HAMRE, K., NÆSS, T., ØFSTI, A. T., LIE, Ø. and HOLM, J. C.**

Poster: Formulated diets for Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, L., larvae and juveniles – Time of weaning, supplementation of hydrolysed protein and macronutrient composition.

The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

**HEMRE, G. I. & SANDNES, K.** 2000: By-catch and offal feed from the herring industry-performamnce of Atlantic salmon as concerns growth, feed utilisation and fillet quality. ICES, Brügge (Belgium); New trends in feeding of fish, 27–30 Sept.

**LIASET, B., LIED, E., ESPE, M. and NORTVEDT, R.**

Nitrogen recovery in the enzymatic hydrolysis of Atlantic salmon frames (*Salmo salar*, L.). Effects of varying the pH, temperature, amount of added water and E/S ratio. 30 th.

WEFTA Meeting, The Faroes Islands.

**LUNDEBYE, A.-K., BØE, B. and JULSHAMN, K.**

Documenting seafood safety: Contaminant concentrations in Norwegian fish feeds and marine products. ICES Conference, Brugge, Belgium.

**MIDTLYNG, P. J., BREIPOHL, W., AHREND, M., BJERKÅS, E., WAAGBØ, R. and WALL, T.**

Cataracts in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Responsible Aquaculture in the New Millennium, Nice.

**NORDLIE, B., FRØYLAND, L. and HOVDENAK, N. S.**

Poster: Fatty acid profiles of serum and intestinal biopsies from patients with acute irradiation enteritis. 4th International congress of the international society for the study of fatty acids and lipids, Tsukuba, Japan.

**NORTVEDT, R.**

A review on nutrition, growth and slaughtering quality of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* in the ongrowth phase. The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

**NORTVEDT, R., ESPE, M., FRØYLAND, L., GULBRANDSEN, K. E. and KIESSLING, A.**

Gaping incidence – annual fluctuations and possible causes. Meeting with Hydro Seafood salmon farmers from Scotland, Ireland & Norway, Bergen, Norway.

**TORRISEN, O. J., RØRÅ, M. B., NORTVEDT, R., ESPE, M., JØRGENSEN, L., SØRENSEN, N. K. and OLSEN, S. O.**

Atlantic salmon – Quality and market responses. The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

**TORSTENSEN, B., LIE, Ø. and FRØYLAND, L.**

Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – Effects of capelin-, palm- and oleic acid enriched sunflower oil as dietary lipid sources. The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

**ØFSTI, A., NÆSS, T., NORTVEDT, R., HOLM, J. C. and HAMRE, K.**

Poster: Macronutrient composition of formulated diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) juveniles. The Ninth International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, Miyazaki, Japan.

### **POPULÆR-VITENSKAPELIGE ARTIKLER**

**BJERKÅS, E., WAAGBØ, R., BJERKÅS, I. and MIDTLYNG, P. J.**

Katarakt hos oppdrettslaks (*Salmo salar* L) i Norge. Norsk Veterinærtidsskrift 2000 **112**, 83–90

**BØRUFSEN, C., JULSHAMN, K. and SÆTHRE, L.**

Virkning av kobber fra impregnerte nøter på fisk. Norsk Fiskeoppdrett **20**, November

**FRØYLAND, L.**

Selolje mot leddsmerter. VG, 29. desember

**HEMRE, G.-I., NORTVEDT, R., SANDNES, K. and LIE, Ø.**

Hurtig vekst uten kjempelever – oppdrett av torsk. Norsk Fiskeoppdrett **16**, 24–27

**JULSHAMN, K., BERNTSSEN, M. H. G. and LUNDEBYE, A.-K.**

Tungmetaller i fiskefôr. Norsk fiskeoppdrett **14**: 76–78

**JULSHAMN, K., BERNTSSEN, M. H. G. and LUNDEBYE, A.-K.**

Kunnskapsstatus om metaller i fôr til laks: Spormetaller. Norsk Fiskeoppdrett **13**, 22–25

**KVÅLE, A., HARBOE, T. and HAMRE, K.**

Kveitelarver fôret med hydrolysert protein: Effekt på vekst og overlevelse. Norsk Fiskeoppdrett **17**: 24–26

**NORTVEDT, R.**

Kapittel 1: Forskning og næring. (R. Nortvedt, ed), Norges forskningsråd, Dagens kunnskapsstatus for produksjon av laksefisk.

**SOLBERG, C. B., JULSHAMN, K. and SÆTHRE, L.**

Virkning av kobber fra impregnerte nøter på fisk. Norsk Fiskeoppdrett **20**, 24–26

**WAAGBØ, R. and BJERKÅS, E.**

Ernæringsbetinget katarakt hos oppdrettslaks ? Havbruksrapport 2000. Fisken og havet Særnummer **3**: 130–131



**FOREDRAG/  
PLAKATER  
NASJONALE MØTER**

**BERNTSSEN, M. H. G.**

Transfer of POP in marine food chain. Obligatory seminar in relation to Ph.D.

**ESPE, M., FRØYLAND, L.,  
NORTVEDT, R., BJØRNEVIK,  
M. and KIESSLING, A.**

Gaping hos norsk oppdrettslaks – sammenheng med bindevevet? Det 11. Norske Fiskeernæringsseminar, Norheimsund.

**FRØYLAND, L.**

Genmodifisert mat – problem eller ressurs? Forskningsdagene, Bergen.

**GRAFF, I.**

Megadoses of vitamin D in first-feeding fry and smolting Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – Effects on bone formation? Nutreco, Stavanger.

**GRAFF, I.**

Vitamin D hos fisk. – Betydning for deformiteter? Hydro Seafood, Bergen.

**HAMRE, K.**

Kan kveitelarver startføres med formulert fôr? Kveiteyngelmøte, Ulsteinvik.

**HAMRE, K. and NÆSS, T.**

Poster: Formulert fôr til kveitelarver fra 0,07g.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**HAMRE, K. and NÆSS, T.**

Poster: Formulert fôr til kveiteyngel.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**HAMRE, K., OPSTAD, I.,  
SOLBAKKEN, J. and  
PITTMAN, K.**

Artemia eller zooplankton som fôr til kveitelarver – larveutvikling, nivå av tyroid hormon og ernæring. Det 11. Norske Fiskeernæringsseminar, Norheimsund.

**HEMRE, G.I. 2000:**

Sjømatfokus ved ernæringsinstituttet, Sjømatsenteret, sept. 2000.

**HEMRE, G.I. 2000.**

Helseverdien av sjømat – kan denne styres og ønsker vi det? Jubileumsforedrag, HI & FEI. Oktober.

**JULSHAMN, K.**

Norsk sjømat «ren» mat? Fiskeridirektoratets og Havforskningsinstituttets jubileumskonferanse, Bergen.

**JULSHAMN, K.**

Matvaretrygghet, EUs forslag til øvre grenseverdier. Kontaktmøte med Fiskefôrindustrien, Fiskeridirektoratet, Bergen.

**JULSHAMN, K.**

Skjell som sunn og trygg mat. Skalldyrnæringa, et stebarn av kystforvaltningen i Nordsjøregionen?, Bergen.

**JULSHAMN, K.**

Fiskeridirektoratet informerer om sin Miljødatabase. Hallvard Lerøy AS' Produsentsamling, Bergen.

**JULSHAMN, K.**

Bestemmelse av arsen i sjømats-

produkter med elektrotermisk AAS – En metodeavprøving. Nordisk metodikomite for næringsmidler. 20. Arbeidsseminar i atomspektroskopi, Røros.

**JULSHAMN, K.**

Hvor trygg er norsk sjømat. Hallvard Lerøy AS' Produsentsamling, Bergen.

**JULSHAMN, K.**

Miljødatabase – dokumentasjonsverktøy for trygg sjømat. Fiskeridepartementet, Oslo.

**KVÅLE, A., HAMRE, K.,  
HARBOE, T. and NÆSS, T. H.**

Effekt av hydrolysert protein på vekst og overlevelse hos kveitelarver.

Det 11. Norske Fiskeernæringsseminar, Norheimsund.

**KVÅLE, A., HARBOE, T.,  
NÆSS, T. and HAMRE, K.**

Poster: Effekt av hydrolysert protein på vekst og overlevelse til kveitelarver *Hippoglossus hippoglossus* L.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**LIED, E.**

Biprodukter fra fiskeriene til human konsum. Fiskeridirektoratets og havforskningsinstituttets jubileumskonferanse, Bergen.

**LIE, Ø.**

Norsk oppdrettslaks som helsekost – betydning av fiskefôret. Fiskeridirektoratets og havforskningsinstituttets jubileumskonferanse, Bergen.

**LUNDEBYE, A.-K.**

To postere om Trygg sjømat. Norfishing 2000, Trondheim.

**LUNDEBYE, A.-K.**

Kontaminanter i sjømat – hva testes og hvordan?

Møte i referanse gruppe for mat – tema: Trygg fisk, Oslo, Bellona.

**MICHELSEN, O. J.,  
ALMELID, M., GRAFF, I. E.,  
TORSTENSEN, B. and  
NORTVEDT, R.**

Poster: Her får DU utført kostholdsanalyse.

Forskningsdagene på Zachariasbryggen, Bergen.

**MOREN, M., NÆSS, T. and  
HAMRE, K.**

Poster: Omsetning av karotenoider til vitamin A i kveite.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**MOREN, M., NÆSS, T. H. and  
HAMRE, K.**

Omdanning av karotenoider til vitamin A hos yngel av kveite.

Det 11. Norske Fiskeernæringsseminar, Norheimsund.

**NORTVEDT, R.**

Tørrfôr eller våtfôr til torsk?

Nettverksmøte i torskenettverket, Bergen.

**NORTVEDT, R.**

Ernæringsbetinget eggkvalitet hos kveite.

NUMARIO, Ishavsmuséet, Brandal.

**NORTVEDT, R.**

Kveite – fra oppdrett til gaffel. Forskningsdagene, Norges forskningsråd, Bergen.

**NORTVEDT, R.**

Kvalitet på laks og kveite. Markedsmøte for oppdrettskveite, Bergen.

**NORTVEDT, R.**

Hvor mye torde vi satse på norsk havbruksforskning i 90-årene?

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**NORTVEDT, R.**

Hvorfor liker tyskere og franskmenn norsk laks?

Det 12. Norske Kjemometri-symposium, Geilo.

**NORTVEDT, R., ESPE, M.,  
GRIBBESTAD, I. S., HEMRE,  
G.-I., JØRGENSEN, L., LIE, Ø.,  
MØRKØRE, T., NILSEN, H.,  
SØRENSEN, N. K.,  
THOMASSEN, M. and  
TORRISSEN, O. J.**

Poster: Evaluering av metoder anvendt til å måle slaktekvalitet hos laks.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**NORTVEDT, R., HAUGEN, T.  
and ØFSTI, A.**

Anvendt forsøksdesign innen kveiteernæring.

Det 11. Norske Fiskeernæringsseminar, Norheimsund.

**NÆSS, T. and HAMRE, K.**

Poster: Kveiteyngel – tidlig overgang til tørrfôr.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**RAINUZZO, J., OVERREIN, I.  
and HAMRE, K.**

Poster: Natural antioxidants and oxidised lipids in marine juvenile production.

Et hav av muligheter – marin verdiskapning basert på næringsrettet havbruksforskning og utikling, Bergen.

**ØRNSRUD R.**

Hypervitaminosis A in first-feeding fry of Atlantic salmon Nutreco ARC, Stavanger.

**ØRNSRUD R.**

Toksisk effekt av vitamin A i startfôring av Atlantisk laks Hydro Seafood, Bergen.

**RAPPORTER****JULSHAMN, K.**

Foodstuffs – Determination of trace elements – determination of arsenic in seafood by electrothermal atomic absorption spectrometry (ETAAS) after microwave oven digestion. CEN/TC 275/WG 10

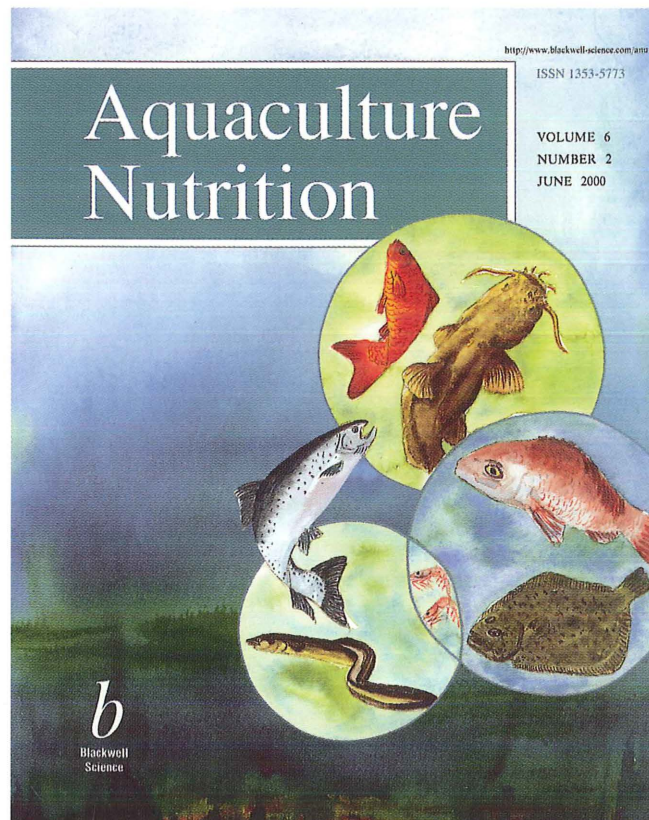
**JULSHAMN, K.**

ARSEN. Bestemmelse i sjømat med elektrotermisk atomabsorpsjonsspektrometri etter våtoppslutning i mikrobølgeovn. [Nordisk metodekomité for næringsmidler](#)

**NORTVEDT, R.**

Bruk av ressurser til norsk havbruksforskning i 1997 og 1998. Oppdragsrapport fra Norges forskningsråd, Bioproduksjon og foredling





## AQUACULTURE NUTRITION

Aquaculture Nutrition er et internasjonalt tidsskrift hvor  
Ernæringsinstituttet har redaksjonsansvaret og  
Blackwell Science i Oxford er forlegger.  
Tidsskriftet kom ut første gang i 1995 og har siden  
kommet med fire nummer hvert år.



*Foto: Olav Lekve.*

**FISKERIDIREKTORATETS ERNÆRINGSINSTITUTT**

Postboks 185 – 5804 Bergen  
Tlf. 55 23 80 00

ISSN 0365-8252  
ISBN 82-91065-14-4