

Rapport nr. 190

# Biråstoff fra oppdrettstorsk

Kvalitet, holdbarhet og  
marked for lever

**RAPPORTTITTEL****Biråstoff fra oppdrettstorsk. Kvalitet, holdbarhet og marked for lever.**

RAPPORTNUMMER	190	PROSJEKTNUMMER	4516
UTGIVER	RUBIN	DATO	Februar 2011

**UTFØRENDE INSTITUSJONER****Møreforskning**

P.b. 5075  
6021 Ålesund

Kontaktperson: Grete Hansen Aas (grete@mfaa.no)

**SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER**

Møreforskning gjennomførte i 2007/2008 en statusanalyse for utnyttelse av biråstoff fra torskeoppdrett (RUBIN-rapport 163). Den viste at lever i oppdrettstorsk avviker fra villtorsk mht. til mengde og kvalitet og at det er behov for nærmere karakterisering mht. holdbarhet, kjemisk sammensetning og farge for å vurdere potensialet som konsumprodukt eller olje.

På denne bakgrunn har Møreforskning i perioden 2009-2010 gjennomført et prosjekt for å undersøke kvalitet og holdbarhet av lever ved ulike lagringstid mht. lukt, farge, tekstur, oljeavrenning, oksidasjon og fettsyresammensetning. Prosjektet er delfinansiert av RUBIN og Innovasjon Norge.

Det er gjennomført to lagringsforsøk ved 0°C for å se kvalitetsutvikling over hhv. 10 og 13 dager i forhold til sensoriske egenskaper og oksidasjonsstatus. Leveren er holdt avskilt fra kjølemediet (is) ved pakking i plastposer. I det ene forsøket var lever hentet fra et slakteri med automatisk sløyning. Ved begge forsøkene hadde slakteriet sortert ut misfarget og annen dårlig lever, som kunne utgjøre 40% av leverbolumet. Videre er det gjennomført et forsøk med hermetisering av leveren for å klarlegge hvor lenge lever kan lagres før hermetisering. Det er dessuten foretatt en kartlegging av markedet mht. kvalitet, volum, pris og emballering.

Resultatene viser at automatisk sløyning gir lever med samme kvalitet og holdbarhet som ved manuell sløyning. Leveren holder stabil kvalitet i 3-4 dager og akseptabel kvalitet som konsumprodukt i 6 dager. Første tegn på kvalitetsreduksjon er avvikende lukt og mykere tekstur. Dersom leveren skal hermetiseres bør det foregå innen 2 døgn for å få best mulig fyllingsgrad i boksen. Imidlertid er det fortsatt bra kvalitet ved lagringstid inntil 4 dager.

Når et gjelder anvendelse til olje er kvalitet mht. frie fettsyrer tilfredsstillende ved produksjon innen 4 dagers lagring av leveren. Det totale oksidasjonsnivået var akseptabelt ved lagringstid på 7 dager.

## Biråstoff fra oppdrettstorsk – med fokus på lever

© Forfatter/Møreforskning Marin

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller fremstille eksemplar til privat bruk. Uten spesielle avtaler med forfatter/Møreforskning Marin er all annen eksemplarframstilling og tilgjengelighetsgjøring bare tillatt så lenge det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettshavere til åndsverk.

Tittel	<b>Biråstoff fra oppdrettstorsk – med fokus på lever</b>
Forfatter(e)	Aas, G.H., Barnung, T. & Kjerstad, M.
Rapport nr.	MA 11-05
Antall sider	46
Prosjektnummer	54567
Prosjektets tittel	Biråstoff fra oppdrettstorsk - med fokus på lever
Emneord	Oppdrettstorsk, lever, holdbarhet, marked, produkt, oksidasjon, biråstoff
Oppdragsgiver	Rubin, Innovasjon Norge
Referanse oppdragsgiver	
ISSN	0804-54380
Distribusjon	Åpen
Godkjent av	Agnes Gundersen
Godkjent dato	070211

## **FORORD**

Prosjektet “Lever og biråstoff fra oppdrettstorsk” har hatt som mål å forbedre lønnsomheten i torskeoppdrett gjennom økt kunnskap om utnyttelse av lever og biråstoff. Arbeidet er en oppfølging av prosjektet “Status for utnyttelse av restråstoff fra torskeoppdrett” (Rubinrapport nr. 163). Dette 2-årige prosjektet startet med finansiering av Rubin det første året, mens det andre året ble sluttfinansiert av Innovasjon Norge. I tillegg har VRI bidradd med finansiering av et delprosjekt på hermetisering av lever. Budsjettet har vært noe redusert, og gjennomføringen er tilpasset dette.

Slakteriene Brødrene Larsen og Marine Fresh har skaffet råstoff til forsøk og oppfølging i etterkant – tusen takk for viktige bidrag! Spesielt takk til Bert Blom hos Brødrene Larsen og Bent Ulleland hos Marine Fresh for tilrettelegging – og for tilgang til ferskt råstoff direkte fra slaktelinja. Dette har gjort det mulig å analysere oksidasjonsstatus i lever kun få timer etter slakting. I markedsundersøkelsen som ble gjennomført, fikk vi god hjelp fra bedriftene som ble intervjuet. Sandanger AS har bidradd med hermetisering av lever med ulike ferskhetsgrader og frigitt resultater i prosjektet – takk til Anne Britt Sandanger for tilrettelegging. Takk til Marianne Staurset for gjennomføring av telefonintervju i markedsdelen av prosjektet. Bjørn Gjelland Nielsen ved NCE Aquaculture har bidradd i faglige diskusjoner rundt leverkvalitet gjennom hele prosjektet. Spesielt takk til Harald Breivik for faglige innspill!

**Ålesund 7. februar 2011**

**Grete Hansen Aas**

**prosjektleder**



# INNHold

---

<b>Sammendrag</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Materiale og Metode</b> .....	<b>9</b>
2.1 Holdbarhetsforsøk lever .....	9
2.1.1 Råstoff .....	9
2.1.2 Kvalitetsvurdering av lever .....	10
2.1.3 Kjemiske analyser .....	12
2.1.4 Prøveuttak .....	13
2.1.5 Hermetisering av lever.....	13
2.1.6 Statistikk.....	14
2.2 Innledende markedsundersøkelse.....	15
<b>3. Resultater</b> .....	<b>16</b>
3.1 Holdbarhet av lever.....	16
3.1.1 Kvalitetsvurdering.....	16
3.1.2 Fettinnhold og fettsyresammensetning .....	18
3.1.3 Oksidasjonsstatus .....	19
3.1.4 Sammenheng sensoriske vurderinger og oksidasjonsstatus.....	22
3.2 Hermetisk lever .....	23
3.3 Markedsundersøkelse .....	28
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>33</b>
<b>5 Konklusjon</b> .....	<b>40</b>
<b>6. Referanser</b> .....	<b>41</b>
<b>7 Vedlegg</b> .....	<b>43</b>

---





## SAMMENDRAG

Prosjektet er en videreføring av et tidligere Rubin-prosjekt "Status for utnyttelse av restråstoff fra torskeoppdrett" (Rubinrapport 163). Prosjektet er todelt der den største delen av prosjektet har undersøkt kvalitet og holdbarhet til lever fra oppdrettstorsk. Det er gjennomført to ulike holdbarhetsforsøk. I det første forsøket ble lever kjølelagret i 10 dager. Det ble observert endringer i sensorisk kvalitet og oksidasjonsstatus mellom dag 4 og 7, og mellom dag 7 og 10, og et nytt forsøk undersøkte daglig kvalitet og oksidasjonsstatus hver dag fra dag 3 til 13. Forsøkene ga likt oksidasjonsforløp, der total oksidasjon økte utover fra dag 4. Oksidasjonsstatus ble analysert ved frie fettsyrer, anisidintall og peroksidtall i henhold til standarder. Den sensoriske kvaliteten ble vurdert som akseptabel for konsum i inntil 6 dager. Lukt var den første parameteren som viste endringer, mens oksidasjonskravene for olje viste at leveren burde prosesseres innen dag 4 for å oppfylle krav til standard etter syretall. Det totale oksidasjonsnivået var akseptabelt i 7 dager. Ved hermetisering av råstoff ved ulik ferskhetsgrad ble det observert lavere fyllingsgrad når råstoffet var to dager gammelt. Det var ingen spesiell effekt av svært ferskt råstoff vurdert og hermetisert 6 timer etter slakting. Teksturen ble løsere når råstoffet ble lagret. I en innledende markedsundersøkelse ble farge og ferskhetsgrad fremhevet som de viktigste kvalitetsparametere. De fleste bedriftene pakker lever i 20 kg kartonger og hovedmarkedene er innlandsmarked, Russland og Baltikum. Våre funn viser at ved anvendelse av torskelever, bør lever kjøles raskt ned og da kan en forvente stabil kvalitet i 3-4 dager og akseptabel til konsum i 6 dager. Hermetisering bør skje innen to dager for å få best fyllingsgrad, selv om det er bra kvalitet ved lagring av råstoff i 4 dager. Kvalitetsreduksjon avdekkes ved avvikende lukt og mykere tekstur.

# 1 INNLEDNING

Torskeoppdrett gir tilgang til ferskt råstoff og muligheter for ny produktutvikling og rask videreprosessering. I 2010 ble det slaktet omtrent 10 000 tonn oppdrettstorsk i Norge. Hovedproduktet er loins eller filet som omsettes fersk. Ved slik produksjon blir det 50 % av råstoffet som ikke inngår i hovedproduktet og som må få annen lønnsom anvendelse. Torskelever utgjør omtrent 13 % av slaktevolumet. Hvis bedriftene ikke har en spesiell kunde og pakker lever til konsum, blir det meste av leveren håndtert sammen med resten av biråstoffet og ender som ensilasje og dyrefôr. Tradisjonelt blir torskelever fra villtorsk benyttet til råoljeproduksjon (tran) og til hermetisering, i tillegg til konsum i torskesesongen. Ved torskeoppdrett oppnås et enda ferskere produkt, og et svært ferskt restråstoff. Torskehoder har blitt tørket, og torsketunger har blitt brukt som konsumprodukt. Filetavskjær er benyttet i farseprodukter, som fiskemat, mens andre restråstoff har blitt benyttet til ensilasje og dyrefôr.

I oppdrettet torsk, avviker leveren fra villtorskens lever på flere måter. Hos oppdrettstorsk vil leveren utgjøre 10-14 %, mens den hos villtorsk oftest ligger i området mellom 3 og 8 %. Fôr og fôring av torsken har betydning for både størrelse og fettinnhold. For skrei, er fettinnhold i lever registrert som over 70 % før den begynner gytevandringen fra Barentshavet, og på slutten av gytesesongen er innholdet ned mot 60 %. Lever fra oppdrettsfisk har enda høyere fettinnhold, og det er registrert 60-80 % fett i lever (Aas og Kjerstad 2008). Lever fra oppdrettstorsk har en andel grønn misfarget lever som ikke kan benyttes til konsum. I dag vrakes opp mot 30 % av leveren pga. kvalitetsavvik knyttet til grønn misfarging, dårlig tekstur og holdbarhet. Årsaker er ikke klarlagt, men det arbeides med hypoteser rundt fôr, foring og miljø (Mørkøre m.fl. 2008; Goto m.fl. 2001). Innledende analyser antyder at årsaken til grønn misfarging er biliverdin. Lever med grønn misfarge som ikke kan brukes til konsum brukes i oljeproduksjon.

Det er i dag stor etterspørsel etter marine oljer, og leverolje kan bidra til økt lønnsomhet for torskeoppdrett. Avgjørende faktorer for anvendelse som olje er fettsyresammensetning og oksidasjonsstatus. En del lever fra torskeoppdrett går i dag direkte til produksjon av fersk leverolje. I dag blir torskelever til konsum hermetisert i Norge eller i Baltikum. Mesteparten av leveren blir sendt fersk til Baltikum. Det er en generell oppfatning at lever fra oppdrettstorsk har kortere holdbarhet enn lever fra villtorsk. Innledende studier har vist at leveren går i oppløsning hvis den fryses og tines – og at det observeres en økt mengde frie fettsyrer ved frysing/tining. Hvordan oksidasjon forløper ved kjølelagring er ikke dokumentert tidligere. Sensoriske vurderinger i sammenheng med oksidasjonsparameterne er heller ikke publisert, selv om råstoff ofte vurderes sensorisk. Bakgrunnen for studier av holdbarhet var blant annet spørsmål om hvilke kvalitet lever har når den ankommer Baltikum for hermetisering etter 4 dager.

Gjennom prosjektet ønsket en svar på om fersk lever har bedre sensorisk kvalitet eller et lavere oksidasjonsnivå? Kan slakting gi et ferskere og bedre produkt til hermetisering? Er det sammenheng mellom sensorisk oppfatning av produktet og oksidasjonsnivå målt kjemisk? Hvilke kvalitetsparametere prioriterer markedet og hvilke markeder mottar lever fra oppdrettstorsk? Hvordan oppfatter markedet omfanget av grønn misfarging? Hvor stor utbredelse av grønn misfarging av lever oppfatter markedet? Hvilke krav til ferskhet gjelder ved ulike anvendelser som konsum, hermetisering og olje? Hovedmålet med prosjektet har vært å fremskaffe kunnskap som kan forbedre utnyttelse av biråstoff for å øke lønnsomheten til torskeoppdrett.

## **2 MATERIALE OG METODE**

Prosjektet er todelt og gjennomført som to delprosjekt. I det første delprosjektet, er kvalitet og holdbarhet til lever under kjølelagring gjennomført med analyse av oksidasjonsstatus og sensoriske egenskaper. Høsten 2009 ble lever lagret i inntil 10 dager og oksidasjonsstatus og sensoriske vurderinger ble gjennomført etter 0, 1, 2, 3, 4, 7, og 10 dager. Det ble oppdaget endringer i oksidasjonsstatus og sensoriske målinger mellom dag 4, 7 og 10 og derfor ble et nytt lagringsforsøk gjennomført høsten 2010, der leverne ble fulgt daglig i 13 dager. Opprinnelig var det planlagt å sammenligne holdbarheten på lever fra oppdrettet torsk med lever fra villtorsk. Usikkerhet i forhold til finansiering medførte at dette ble vanskelig å gjennomføre. Vi har derfor valgt å inkludere et anvendt forsøk med hermetisering av lever fra oppdrettstorsk. Målsetningen var å undersøke hvor lenge råstoffet kan lagres før hermetisering for å gi et best mulig sluttprodukt. I det andre delprosjektet er det gjennomført en innledende markedsundersøkelse for å kartlegge utnyttelse og marked for biråstoff.

### **2.1 Holdbarhetsforsøk lever**

#### **2.1.1 Råstoff**

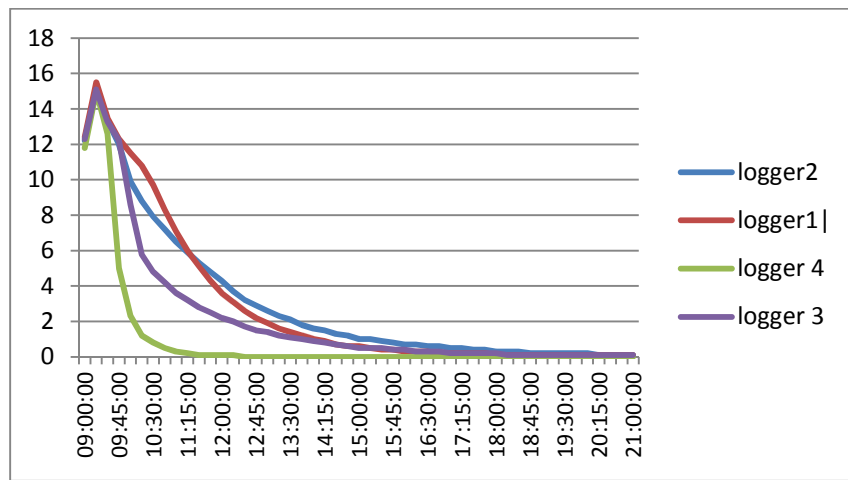
##### **Forsøk 1 høsten 2009**

Torsken som ble benyttet i forsøket var oppdrettet av Branco. De siste månedene hadde den blitt fôret med Biomar Classic Marine, og fisken var sultet minimum 12 dager. Lever ble hentet fra manuell slaktelinje på slakteriet Brødrene Larsen, Struen. Kjernetemperatur ved pakking var 10,0 °C. Rundvekt var 2,85 kg, sløydvekt var 1,94 kg og gjennomsnittlig levervekt i forsøket var 342 g. Det ble kun benyttet førsteklasses lever som ble sortert ut fra pakkelinja

(dette utgjorde omtrent 7,2 % av i alt 12 % lever). Resten av leveren som det ikke var salg på ble håndtert sammen med resten av biråstoffet og ensilert.

Leverne ble pakket enkeltvis i plastposer før de ble pakket i flykasser med is. Temperaturlogger ble puttet i kassene. Det ble etterfylt med is under lagringen på kjølerom, slik at leveren ble lagret på 0 °C i hele forsøket.

Temperaturforløpet i kassene ved pakking viser at det tok fra 2 timer (logger 4) til 6 timer å oppnå kjernetemperatur på 0 °C i kassene med is (Figur 1).



**Figur 1. Temperaturmåling av pakket lever lagret på is slaktedagen.** Loggerne er plassert i ulike kasser.

### **Forsøk 2 høsten 2010:**

Torsken som ble benyttet i forsøket var oppdrettet av Atlantic Cod Farms. Leveren ble hentet fra automatisert slaktelinje, med automatisk sløyning på slakteriet Marine Fresh, Ålesund, og leveren var i noen tilfeller i biter på transportbåndet når den ble sortert og pakket. Gjennomsnittlig prøvevekt av lever i forsøket var 124 g, men mesteparten av leverne var i biter. Det ble kun benyttet førsteklasses lever som ble sortert ut fra pakkelinja. Leverne ble pakket enkeltvis i plastposer og lagret i kasser med is som i forsøk 1. Resten av leveren gikk til oljeproduksjon.

### **2.1.2 Kvalitetsvurdering av lever**

De enkelte leverne som ble benyttet ble sensorisk vurdert etter 7 kvalitetsparametere, og gitt poengsum mellom 1 og 9 for de ulike parameterne.

Kriteriene som ble vurdert var farge, lukt, oljeavrenning, tekstur, fasong, blodrester og kvalitet på rensing. Det ble benyttet en skala fra 1 til 9, der grensen for konsumprodukt for

de enkelte parameterne er 7. Ved poengsum fra 6 og nedover blir leverne vurdert som ikke egnet som konsumprodukt, selv om de kan utgjøre råstoff til annen anvendelse.

Farge ble vurdert i forhold til forekomst av grønn misfarging. I forsøkene ble det benyttet lever av beste kvalitet som konsumprodukt hvor misfargede leverer var frasortert. Dette gjøres tidlig på slaktelinja i kommersiell produksjon og pakking av lever til konsum. Det ble også brukt en skala med bilder for å vurdere graden av grønn lever i prøvene. En modifisert skala (Mørkøre m.fl. 2008) ble justert til ni punkts skala og benyttet.

Lukt ble vurdert i forhold til grad av harsk lukt, eller avvikende lukt. Rett etter at leverne ble tatt fra kassen med is og lagt på benken, ble de luktet på og vurdert visuelt.

Oljeavrenning ble vurdert ved å se hvor mye olje som slapp ut i skålene når leverne lå på laben i ca. 15 minutter. Dette ble vurdert subjektivt. Det ble også målt oljeprosent ved innveining til analyse og dette presenteres som utbyttetall som vurderes kvantitativt. Poengsum 9 ble gitt når det ikke var tegn til oljeslipp, mens ved lave poenger, ble inntil halvparten av leveren flytende i olje (Figur 2,3,4).



**Figur 2: Ingen oljeavrenning.**  
Poeng 9



**Figur 3: Litt oljeavrenning.**  
Poeng 6



**Figur 4: Mye oljeavrenning.**  
Poeng 3

Tekstur ble vurdert ved å trykke fingeren i leveren og vurdere motstand. Normalt vil fersk lever fra oppdrettstorsk gi god motstand, og umiddelbart gå tilbake til opprinnelig fasong når fingeren fjernes. Når leveren er myk, reduseres poengsummen.

Fasong ble vurdert i forhold til normal fasong, der poengsum 9 stod for normal fasong. Dette ble gjort i forsøk 1. I forsøk 2 var noen av leverne i biter, og kunne ikke vurderes på denne måten.

Misfarging av blod er et begrep som ble brukt for å vurdere om det var blodutredninger i vevet, eller røde flekker i de ellers lys beige leverne. Rødfargen ble observert som små flekker, eller som et lys rosa skjær.

Rensing var et begrep som ble brukt for å beskrive om det var vedheng av andre organer, deler av spiserør, pylorussekker på leveren. Dette uttrykker hvor god rensing det var på

slaktelinja. Vedheng og rester av innvoller kan tilføre enzymer og øke nedbrytning av vevet og forkorte holdbarhetstida.

Tabell 1. Sensorisk vurdering av lever.

Kriterium	Svært god kvalitet 9	God kvalitet 8-7	Ikke god 6-4	Dårlig 3-1
Farge	Lys, fin lever	Knapt grønnskjær	Litt grønn	Gjennomgående grønn farge
Lukt	Sjøfrisk, lite intensitet	Nøytral, sjøfrisk	Litt harsk lukt	Sterk harsk lukt
Tekstur	Fast	Naturlig fast	For bløt	I oppløsning
Oljeavrenning	Ingen oljeavrenning	Ingen oljeavrenning	En del oljeavrenning	Mye oljeavrenning
Fasong	Naturlig	Normal	Litt avvikende	Svært avvikende form
Misfarging av blod	Ikke observert	Kan være litt blodfarge/rød	Litt blod	Mye blod
Rensing	Kun lever	Antydning til vedheng av andre innvoller	En del vedheng av andre innvoller	Mye vedheng av andre innvoller

### 2.1.3 Kjemiske analyser

Prøvene av lever ble lagret på is inntil de ble analysert, og analysene ble gjennomført på ferskt, homogenisert materiale.

30-60 g homogenisert lever ble innveid og oljen ble ekstrahert i henhold til Bligh and Dyer (1959). Kloroformfasen ble inndampet på rotavapor under nitrogenatmosfære. Oljen ble oppbevart mørkt før videre analyse. Analysene av frie fettsyrer, peroksidtall og anisidintall ble gjennomført innen 5 timer etter at oljen var ekstrahert fra leveren. Oljen ble "flushet" med nitrogen og oppbevart ved 2-4 °C før analyse av fettsyreprofil.

Beregning av total fettinnhold er basert på utbytte av ekstraksjonen av fett fra lever. Mengden frie fettsyrer i oljen ble bestemt etter IUPAC Method no. 2.201, 1987.

Peroksidtall (PV) ble bestemt i henhold til AOCS Official Method Cd 8-53. Surplus 2003

Anisidintall (AV) ble bestemt i henhold til AOCS Official method Cd 18-90, Reapproved 1997

TOTOX-verdi beregnes som  $2 \cdot PV + AV$  og gir et uttrykk for den totale oksidasjonsgraden.

Fettsyresammensetningen er bestemt ved hjelp av gaskromatografi (GC) på fettsyremetylestere. Fettsyrene ble metylert med 2 % natriummetanolat i metanol før fettsyremetylestere ble kromatografert på en Quadrex, Fused silica capillary column, Carbowax 20M, (25m, 0.25 mm ID, 0.20 µ film thickness) på en PerkinElmer Clarus GC med

FID-detektor. Fettsyre-metylaterene ble bestemt ved sammenlikning med standard 68D fra Nu-Check, USA og intern standardløsning.

Alle analyser (AV, PV og FFA) er gjennomført med to paralleller. De statistiske analysene er basert på gjennomsnittsverdien fra disse parallellene.

#### 2.1.4 Prøveuttak

I det første forsøket gjorde vi daglige analyser og kvalitetsvurderinger fra dag 0 til dag 4 dager, samt dag 7 og 10. Vi fant ut at det skjedde endringer mellom dag 4 og 7 og mellom dag 7 og 10 og ønsket å undersøke dette nærmere i neste forsøk.

I det andre forsøket gjorde vi daglige analyser og kvalitetsvurderinger fra dag 3-13.

**Tabell 2. Oversikt over prøveuttakene i forsøkene.** (grå farge: både kjemiske og sensoriske analyser; \* kun sensoriske analyser, \*\* analyser maks 6 timer etter slakting).

Dag	0**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11*	12*	13
<b>Forsøk 1 Høsten 2009</b>														
<b>Hermetisering Høsten 2009</b>														
<b>Forsøk 2 Høsten 2010</b>														

#### 2.1.5 Hermetisering av lever

##### Råstoff:

I hver hermetikkboks ble det pakket i overkant av 100 g lever og ½ ts salt. Den første runden med hermetisering ble foretatt 6 timer etter slakting.

Leveren ble hermetisert ved bruk av et standardprogram som benyttes hos Sandanger hermetikk ved hermetisering av makrell i tomat (Bjørkeng, pers med.).

**Tabell 3. Oversikt over råstoffets ferskhet ved hermetisering.**

Dag	Hermetisert dato	Antall bokser vurdert 18.02.10
0	26/10-2009	30
1	27/10-2009	30
2	28/10-2009	30
3	29/10-2009	30
4	30/10-2009	30
7	02/11-2009	30

##### Vurdering av hermetisert lever:

Ved åpning av boksene, ble de først sensorisk vurdert. Deretter ble det skilt mellom fast masse og olje for å beregne utbytte.

Det ble benyttet samme lever som inngår i forsøk 1 til hermetisering.



Figur 5. Salt i boksen.



Figur 6. Fylt boks før hermetisering.



Figur 7. Sensorisk vurdering.



Figur 8. Farge på olje i hermetikkboksen.

Kvalitetsvurdering av leveren etter åpning av boksene ble gjennomført. Ved åpning av boksene ble fyllingsgrad, oljefarge, konsistens, lukt og partikler i oljen vurdert. Ved god kvalitet er oljen klar og fargeløs, og lever utgjør størst volum i forhold til olje (stor fyllingsgrad; figur 8)

Fyllingsgrad: For å måle hvor mye av boksene som var fast levermasse (på vektbasis = utbytte) ble det gjort veiinger av boksene før åpning, vekt av oljen etter avrenning, vekt av oljen, samt vekt av leveren og kjent vekt av emballasje.

## 2.1.6 Statistikk

Harskningsparametere (analysert kjemisk) og sensoriske parametere ble sammenlignet for de ulike lagringsdagene. For korrelasjoner ble "Spearman's rank correlation" nyttet da denne testen tar høyde for en kombinasjon av parametriske (kjemiske) og ikke parametriske (sensoriske) variable. En-veis ANOVA ble benyttet for å teste om lagringen hadde effekt på holdbarheten, og Bonferroni som post-hoc-test for å se hvor evt. forskjeller fantes. Kruskall



Wallis test ble nyttet istedenfor ANOVA derom variansen var ulik. Analysene ble foretatt ved bruk av STATA 11 (StataCorp., 2009). Det ble gjennomført en toveis ANOVA for å se om resultatene fra de to forsøkene kunne analyseres over ett, men det var signifikante forskjeller mellom de fleste parameterne, slik at analysene måtte gjøres enkeltvis for de to forsøkene.

## **2.2 Innledende markedsundersøkelse**

Det ble gjennomført en spørreundersøkelse hos norske bedrifter som fokuserte på utnyttelsesgrad av restråvarer fra oppdrettstorsk. Hovedfokus var utnyttelse av lever, mage og melke. Respondentene i markedsundersøkelsene var et utvalg av produsenter, slakteri, foredlingsbedrifter, eksportører og oljeprodusenter lokalisert langs hele kysten. Totalt deltok 13 bedrifter i spørreundersøkelsen som ble gjennomført ved telefonintervjuer og ved intervjuer på møter. Spørreundersøkelsen ble gjennomført i januar 2010. En har inkludert noe markedsinformasjon fra tidligere FoU arbeid i rapporten.

Omegaland er et klyngeinitiativ organisert gjennom et ARENA-prosjekt, og består av omega-3 produsenter i Møre og Romsdal. Det var naturlig å benytte disse 7 respondenter i undersøkelsen i tillegg til de 13. Under møter med bedriftene er det diskutert muligheter for å benytte lever fra oppdrettstorsk i omega-3 konsentrat.

### 3. RESULTATER

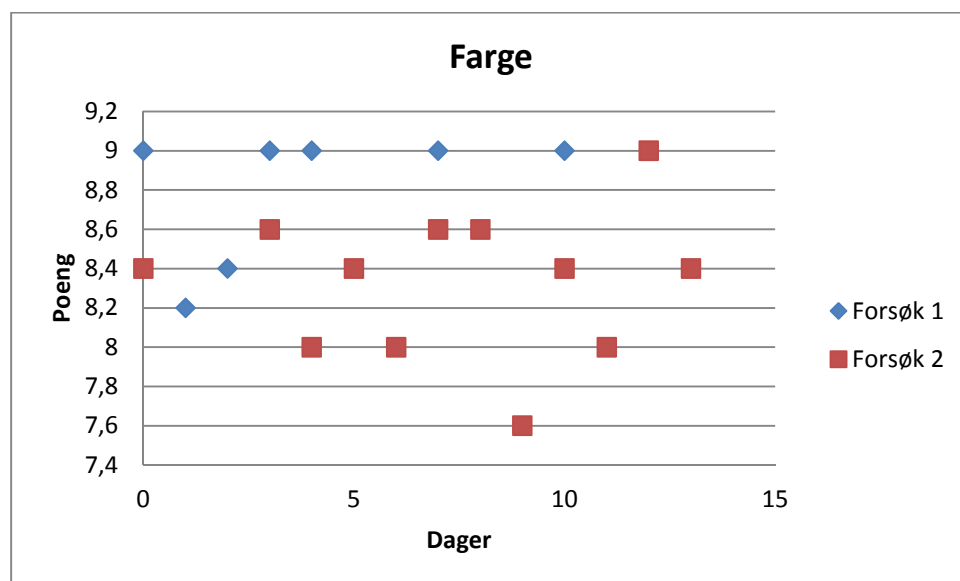
#### 3.1 Holdbarhet av lever

Holdbarhet og kvalitet ble vurdert ved hjelp av sensoriske og kjemiske analyser. De sensoriske egenskapene ble vurdert i forhold til hvor godt leveren egnet seg som konsumprodukt. De kjemiske analyseresultatene uttrykker hvordan oksidasjonsstatus og kvalitet på råstoff ved anvendelse til oljeproduksjon vil være.

##### 3.1.1 Kvalitetsvurdering

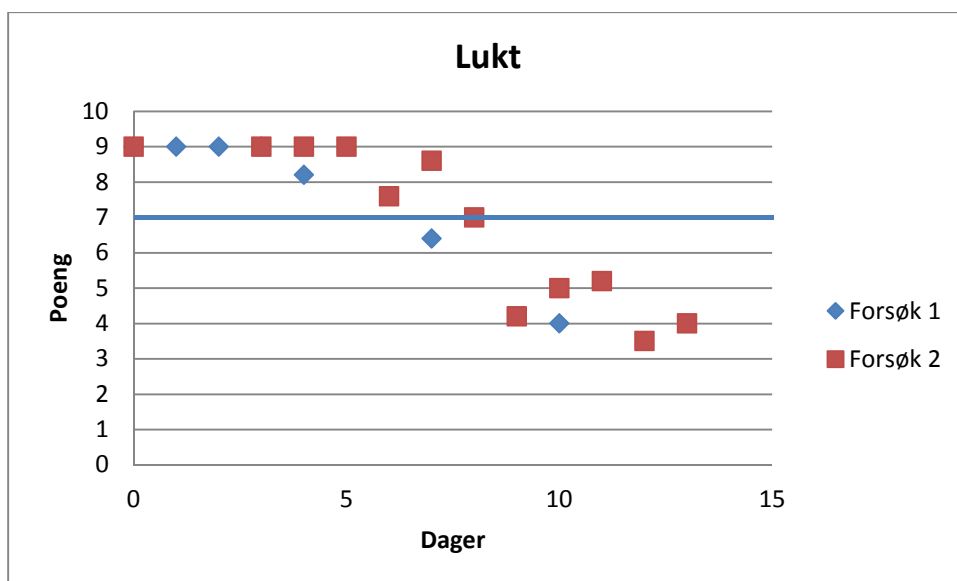
De samlede resultatene fra lagringsforsøkene er presentert i vedlegg (tabell 10-16).

Fargen var lys og fin på alle leveren som ble brukt i forsøket (Figur 9), og det skyldtes at sortering av grønn misfarget lever var foretatt før råstoffet ble pakket. Det ble ikke observert endringer i fargen på leveren mens de ble lagret. Mot slutten av lagringsperioden var det et par lever som gikk fullstendig i oppløsning med oljeavrenning, og disse ble ikke tatt med i resultatene. Når de løste seg opp hadde oljen en litt gulaktig farge, slik at vevet ikke kunne vurderes.



Figur 9. Vurdering av farge på leveren under lagring (Gjennomsnittlig poeng).

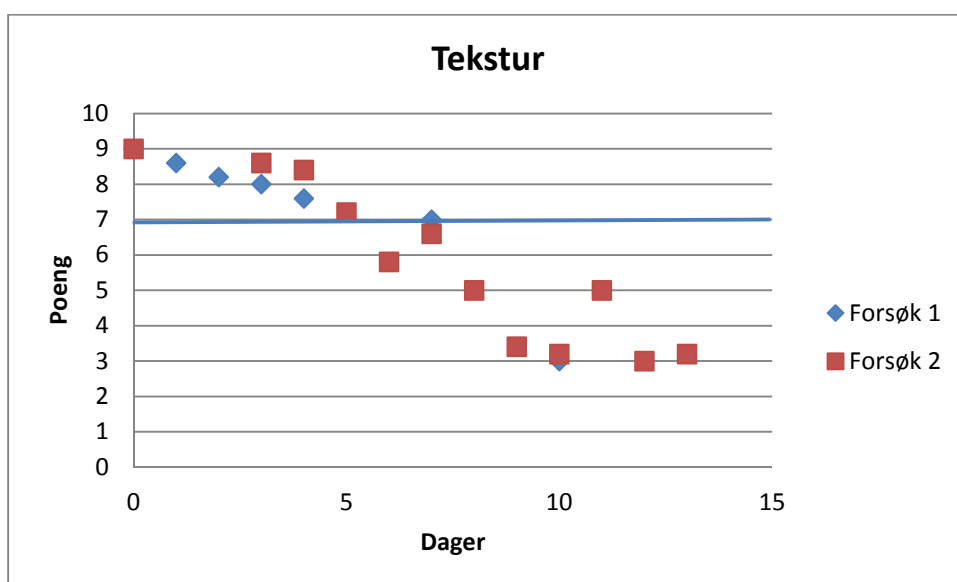
Lukten var nøytral og sjøfrisk ved forsøksstart. Etter dag 4 begynner lukta å forandre seg. Fra dag 7 merkes det litt harsk lukt.



**Figur 10. Vurdering av lukt av leverne under lagring** (Gjennomsnittlig poeng). Grense for konsum er markert med blått.

De tre første dagene var det nøytral og lite lukt av prøvene, mens lukten ble merkbart dårligere etter 6 dagers lagring, og fulgte det samme forløpet i begge forsøkene (figur 10). Lukta var ikke veldig harsk, den ble vurdert som nøytral med lav intensitet de første dagene, mens antydning til harsk lukt oppstod etter hvert. Etter 8 dager tilfredsstilte den ikke kravet til konsum.

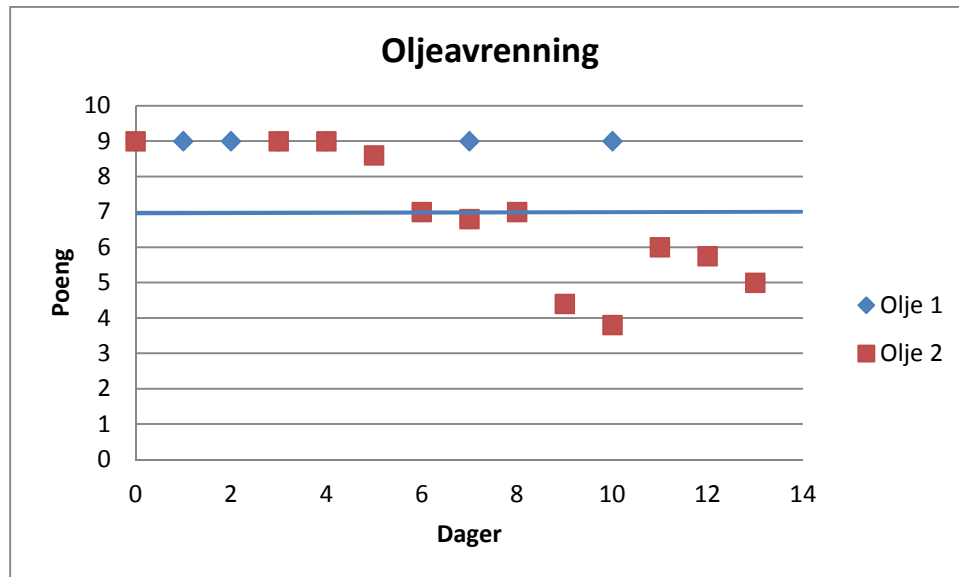
Teksturen var fast og fin ved forsøksstart.



**Figur 11. Vurdering av tekstur i leverne under lagring** (Gjennomsnittlig poeng). Grense for konsum er markert med blått.

De første fire dagene var teksturen fin og fast, men så ble vevet stadig bløtere (Figur 7). Dag 11 viste litt fastere vev, og dette ble også funnet lavere oksidasjonsstatus på leverne som ble analysert denne dagen.

Oljeavrenning ble ikke observert ved forsøksstart, men det økte ved lagring av leveren.



**Figur 12. Vurdering av oljeavrenning fra leverne under lagring** (Gjennomsnittlig poeng). Grense for konsum er markert med blått.

Teksturen (Figur 11) ble løsere fra dag 4 og utover, samtidig som det ble observert mer oljeavrenning etter dag 5 (Figur 12). Det ble mindre avrenning observert i forsøk 1, spesielt dag 10 i forhold til forsøk 2. Det er ulikt råstoff, ulik fettsyreprofil og forskjellig slakteri – mens lagringsbetingelsene er like. Begge forsøkene viste det samme forløpet. Etter 4 dagers lagring blir leveren mykere, og etter 6 dager oppfyller den ikke kravene til konsum (grense på poeng 7). Etter 11 dager ble det observert fastere lever, og denne skilte seg ut og virket av bedre kvalitet, men ikke egnet til konsum.

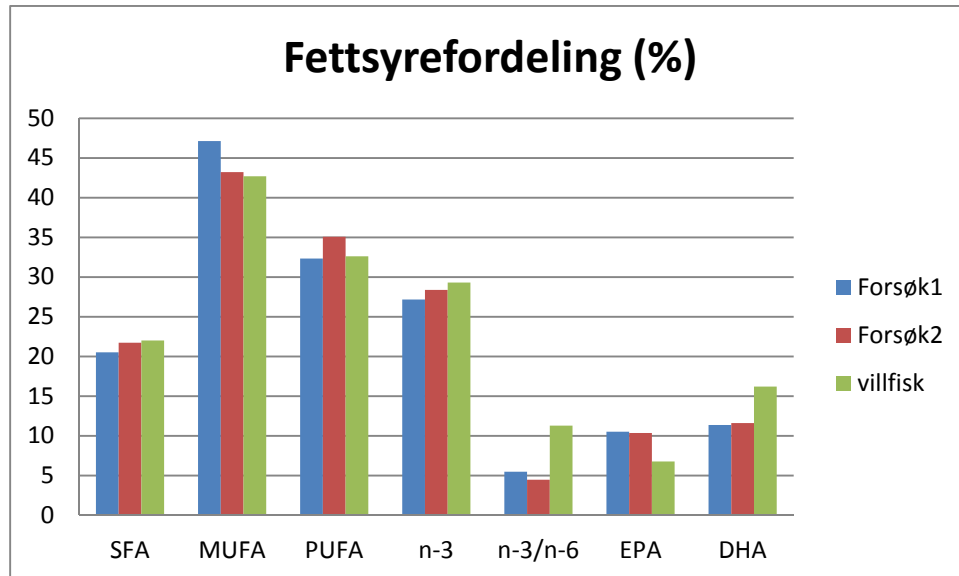
Det ble ikke funnet avvikende fasonger, mye blod eller dårlig rensing av leverne. Resultatene er presentert i tabell 11 og 13 i vedlegg.

### 3.1.2 Fettinnhold og fettsyresammensetning

Fettinnhold på lever i forsøk 1 var 70,9 % og 70,6 % i forsøk 2. Fettinnhold ble beregnet basert på utbyttet av ekstraksjoner av fett fra lever.

Fettsyresammensetningen i leverne er presentert i Figur 13. En-umettede fettsyrer utgjør størst andel i begge forsøkene og også hos villtorsk. Villtorsk har en høyere andel n-3/n-6 enn oppdrettstorsken. Vårt råstoff hadde n-3/n-6 som varierte fra 3,4-4,5 mens Diep (2004) fant for villfisk 11,3 og for oppdrett 2,8-4,3. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller på

andel mettede fettysyrer mellom leverne (tabell 16 i vedlegg).



**Figur 13. Fettsyreprofil (i %) i forsøkene sammenlignet med fettsyreprofil i lever fra villfanget torsk.** SFA er mettede fettysyrer, MUFA er en-umettede fettysyrer, PUFA er flerumettede fettysyrer, n-3 er summen av n-3 fettysyrene og n-3/n-6 er forholdet mellom n-3 og n-6 fettysyrer. Villfisk er resultater fra Diep (2004).

Fettsyresammensetningen av leverne i forsøkene er presentert i vedlegg (Tabell 15). Det ble funnet signifikante forskjeller på innholdet av 17 ulike fettysyrer i de to forsøkene, men EPA og DHA innholdet ikke var signifikant forskjellig. Det er ikke signifikante forskjeller mellom andel mettede fettysyrer mellom leverne i forsøkene, men det er signifikante forskjeller på en-umettede, flerumettede og n-3/n-6 fettysyrer (Tabell 16 i vedlegg).

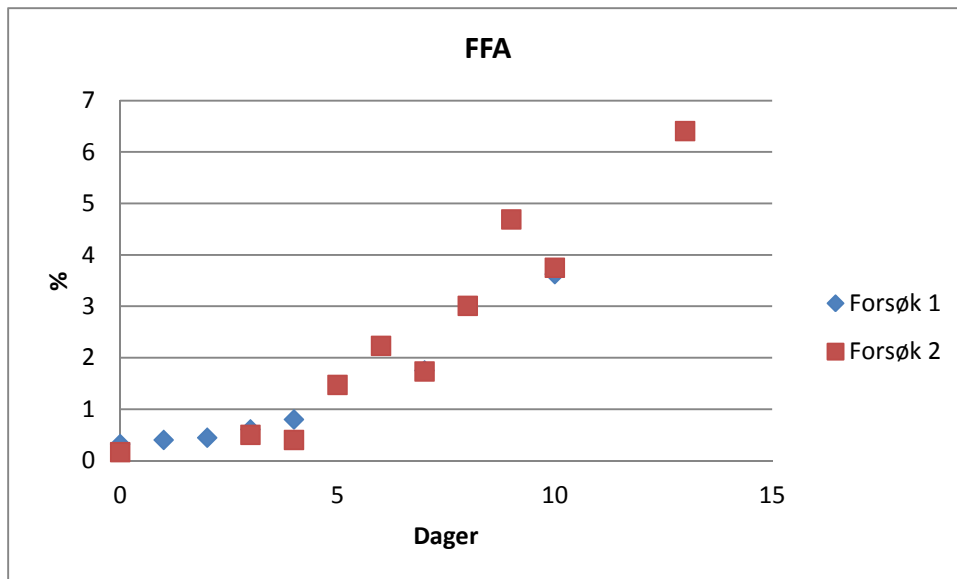
### 3.1.3 Oksidasjonsstatus

Resultater fra lagringsforsøkene er presentert i tabell 10 og 12 i vedlegg.

#### Frie fettysyrer (FFA)

Etter fem dagers lagring steg innholdet av frie fettysyrer og begge forsøkene viste samme forløp.

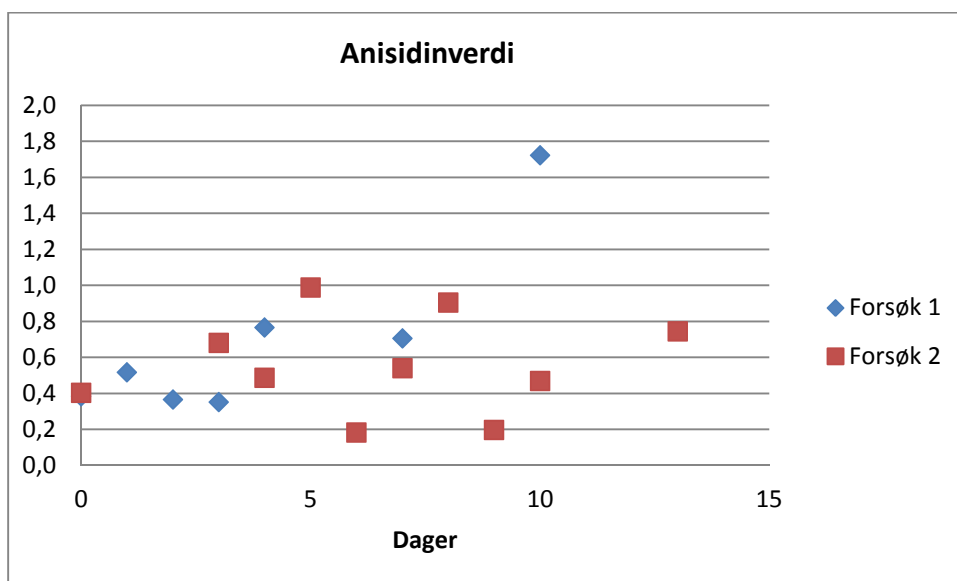
Resultatene i Figur 14. viser at det er en økning i FFA mellom dag 4 og dag 7 og videre utover lagringen. Det er godt samsvar mellom de to forsøkene, og etter 13 dagers lagring er det 6,4 % frie fettysyrer. Figuren viser at andel frie fettysyrer økte etter 4 dagers lagring, og resultatene fra begge forsøkene viste sammenfallende resultater, med økning utover til dag 13. De første 4 dagene er nivået lavt i begge forsøkene. Lagringsbetingelser og emballering var lik, så på tross av ulikt råstoff, viser figuren det samme harskningsforløpet.



**Figur 14.** Frie fettsyrer (FFA) som % i forhold til lagringstid.

### Anisidinverdi (AV)

Analyser av anisidintall viste ikke et entydig mønster. Det var lave verdier i leveren, spesielt i forsøk 2 og der fant vi ingen stigning i løpet av 13 dagers lagring.

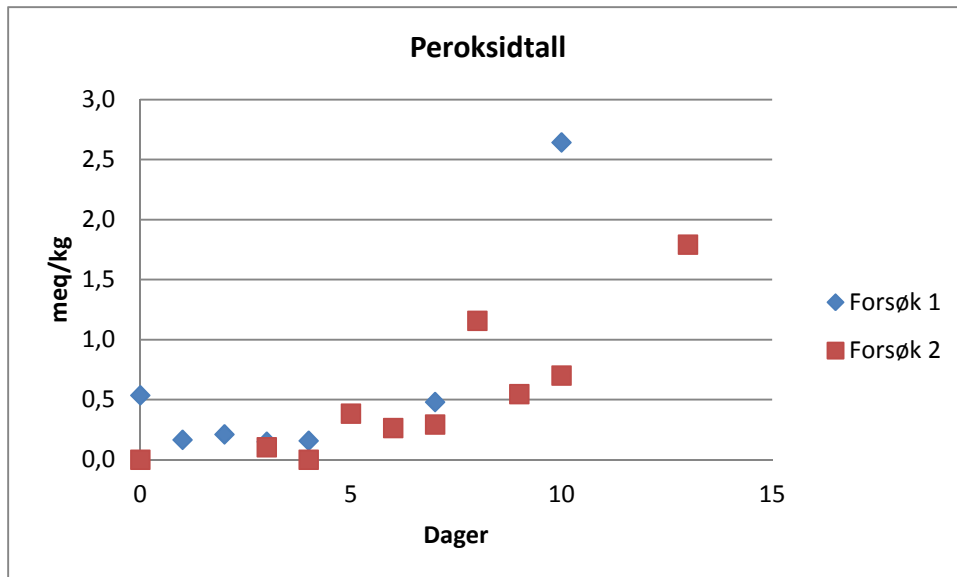


**Figur 15.** Anisidinverdi (AV) i forhold til lagringstid (n=5).

Det ble ikke påvist signifikante endringer i de 13 dagene leveren ble lagret i forsøk 2 (Figur 15). Anisidinverdien var lav under hele forsøket, og lavest for forsøk 2. Høyeste verdi ble funnet etter ti dagers lagring i forsøk 1.

## Peroksidtall

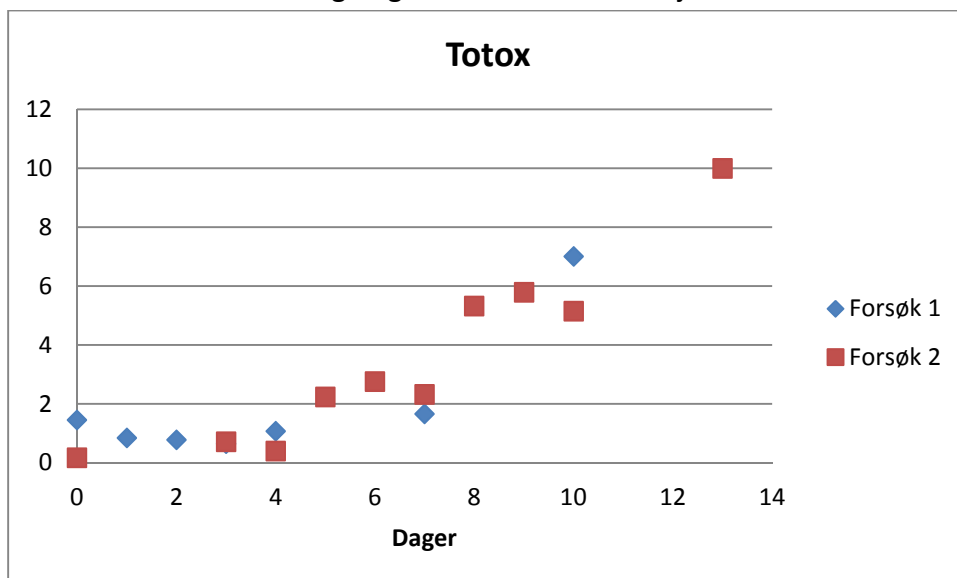
PV verdiene økte fra dag 7 til 10, og det totale oksidasjonsnivået ble høyt etter 10 dager i forsøk 1. Det viste seg å være endringer mellom dag 4 og 7, samt 7 og 10 og det var behov for å undersøke dette nærmere i et nytt forsøk. De første fire dagene skjer det lite oksidasjon, og heller ikke den svært ferske leveren viser noe lavere oksidasjonsnivå enn lever som har vært lagret i inntil 4 døgn.



Figur 16. Peroksidertall ved lagring av lever

## Totalt oksidasjonsnivå (Totox-verdi)

Totox-verdien er en beregning av det totale oksidasjonsnivået i levrene i lagringsforsøket.



Figur 17. Beregnet Totox-verdi for begge lagringsforsøkene (Gjennomsnittstall).

Den totale oksidasjonsstatus følger samme mønster i begge forsøkene. Det skjer økning etter 4 dagers lagring, og etter dag 7 blir det mye høyere med stigning til dag 13 (Figur 13). Peroksidallet bidrar i størst grad til å beskrive denne oksidasjonen, siden anisidinverdien er lav.

Ved sammenligning av de to forsøkene, viste peroksidtallet samme stigning, selv om det etter 10 dagers lagring viste forsøk 1 høyere PV-verdier. Disse verdiene er lave sammenlignet med kravene for torskeleverolje fra oppdrettstorsk (EP 2006). EP 2006 er en europeisk farmakopø standard som brukes for å vurdere kvaliteten på olje. Våre resultater fra lever som råstoff ligger godt under disse kravene.

**Tabell 4. Endringer ved lagring av lever (forsøk 1).**

Statistiske forskjeller er vist ved ulike bokstaver (0,05- nivå og ulike fargenyanser). \*ND er ikke målt.

Dag	0	1	2	3	4	7	10
FFA	a	a	a	a	a	a	b
PV	a	a	a	a	a	a	b
AV	a	a	a	a	a	a	b
Totox	a	a	a	a	a	a	b
Lukt	a	a	a	a	b	c	d
Farge	a	a	a	a	a	a	a
Tekstur	a	a	a	a	b	b	c
Oljeavrenning	a	a	a	a	a	b	ND *

Det er signifikante forskjeller i utvikling av lukt ved lagring. De tre første dagene ble det ikke registrert forskjeller, men fra dag 3 til dag 4 fikk vi forskjeller i lukt, og dette fortsatte ved lagring. De tre første dagene ble det ikke registrert forskjeller i tekstur, men fra dag 4 til dag 7 fikk vi forskjeller i tekstur, og leveren som var lagret i 10 dager var nærmest oppløst som vev.

### 3.1.4 Sammenheng sensoriske vurderinger og oksidasjonsstatus

Det viste seg å være signifikante korrelasjoner mellom flere av parameterne som ble målt og frie fettsyrer hadde signifikant korrelasjoner med lukt, oljeavrenning, tekstur og oljeprosent i forsøk 1.



**Tabell 5. Sammenheng mellom sensoriske og kjemiske parametere (Spearman Rank korrelasjoner).**

N= 47, Grå farge markerer hvor det er signifikante korrelasjoner mellom parameterne. Forsøk 1.

Korre-lasjoner	Dag	FFA	PV	AV	Lukt	Olje	Tekstur	Olje-prosent
FFA	0,89*							
Pv	0,71*	0,73*						
Av	0,02	0,05	0,30					
Lukt	-0,85*	-0,84*	-0,69	0,03				
Oljeavrenning	-0,80*	-0,81*	-0,52	0,01	0,83*			
Tekstur	-0,86*	-0,91*	-0,67	-0,04	0,88*	0,88*		
Olje-prosent	-0,40	0,75*	0,47*	-0,06	-0,71*	-0,84*	0,28	
Levervekt	0,77*	0,30	-0,25	-0,11	0,32	0,23	-0,78*	-0,27
Totox	0,44	0,44	0,77*	0,75*	-0,38		-0,40	0,32

### Forsøk 2:

Tabell 6 viser at alle parameterne endret seg ved lagring og var signifikant forskjellig ved lagring bortsett fra Anisidintall og oljeprosent.

**Tabell 6. Statistiske forskjeller ved lagring, Bonferroni på 0,05 nivå. Ulike bokstaver viser at det er noen signifikante endringer under lagring. Det ble ikke gjennomført kjemiske analyser dag 11 og dag 12.**

Dag	0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
FFA	a	a	a	a	a	a	b	b	b			c
PV	a	a	a	a	a	a	a	a	a			b
AV	a	a	a	a	a	a	a	a	a			a
Totox	a	a	a	a	a	a	a	a	a			b
Lukt	a	a	a	a	a	a	b	c	c	c	c	c
Farge	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Tekstur	a	a	a	a	b	b	c	c	c	c	c	c
Oljeavrenning	a	a	a	a	a	a	ab	b	b	b	b	b
Oljeprosent	a	a	a	a	a	a	a	a	a			a

## 3.2 Hermetisk lever

Det ble innledningsvis gjennomført hermetisering av svært grønn, nærmest zalo-farget lever som en liten test.

Ved åpning av boksene, var det tydelig misfarging av oljen i boksen, den var en helt annen farge enn olje fra lys lever (Figur 18 og 19).



Figur 18. Grønn lever før hermetisering.



Figur 19. Hermetisert grønn lever.

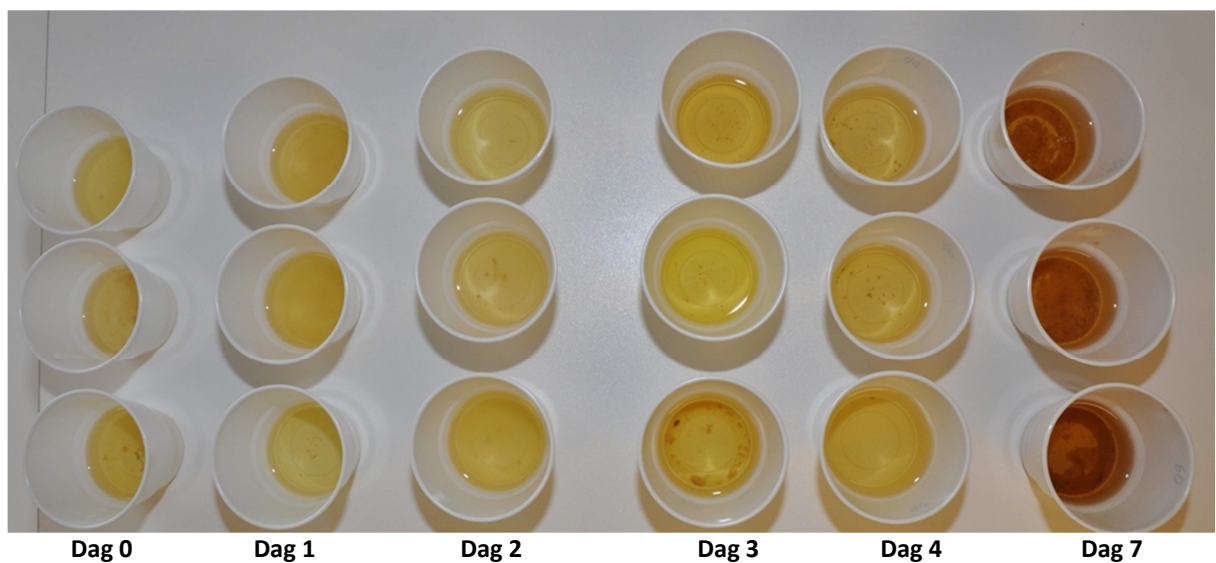
Ved åpning av hermetikkboksene ble det gjort en rekke registreringer. Det viste seg å være en del variasjon i vekta på leveren som var pakket i hver hermetikkboks og gjennomsnittlig vekt (og standard avvik) var  $115,8 \pm 3,87$  g.



Figur 20. Hermetikk av 1 dag gammelt råstoff



Figur 21. Hermetikk av 7 dager gammelt råstoff



Figur 22. Olje fra hermetikkbokser produsert fra lever som er fra 0-7 dager gammel før hermetisering.

Etter veiing av fast masse og olje samlet vi opp oljen for sensorisk vurdering. Det var stor forskjell i fargen på oljen av de ulike parallellene. Figur 22 viser tydelig at jo ferskere leveren er før hermetisering jo lysere og renere blir oljen i hermetikkboksene. Den mest markerte forskjellen er mellom dag 4 og dag 7, da leverne er nokså oppløste. Dag 0, 1 og 2 er oljen klar og nokså fargeløs.

Det ble observert størst mengde fast masse i leveren som var pakket fersk og etter 1 dag. Siden gikk det gradvis nedover. Gjennomsnittlig fyllingsgrad av lever pakket dag 0 var 61,6 %. Det gjennomsnittlige oljeinnholdet var 38,4 %.

**Tabell 7. Fyllingsgrad (% fast levermasse) i hermetikkboksene etter 3 måneder.** Ulike bokstaver og farger viser at det er signifikante forskjeller mellom råstoff lagret 1 og 2 dager og 4 og 7 dager før hermetisering (Bonferoni). Fyllingsgrad presentert med gjennomsnittlig fylling ± standard avvik.

Dag	0	1	2	3	4	7
Signifikante forskjeller	a	a	b	b	b	c
Fyllingsgrad (% fast masse)	61.6±8.22	65.1±7.29	57.0±7.18	57.6±7.73	53.9±6.29	44.1±18.65

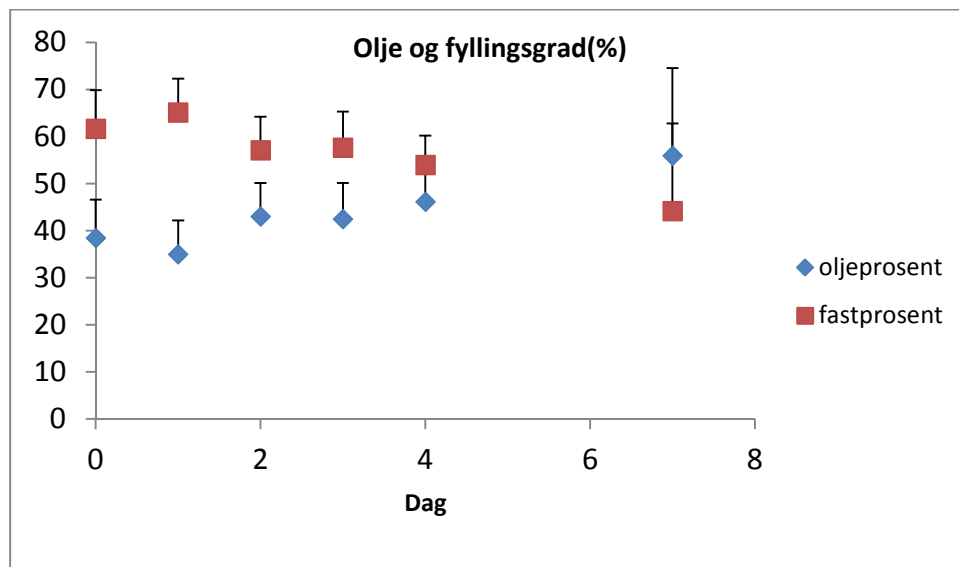
Etter 3 måneders lagring ble boksene åpnet og det viste seg å være stor variasjon i forholdet mellom fast masse og olje. Ved statistisk databehandling av resultatene ble det funnet signifikant forskjell mellom noen av parameterne.

**Tabell 8. Oversikt over signifikante forskjeller ved ulike kvalitetsparametere.** Forskjeller mellom de ulike dagene har ulik bokstav. Hermetisert lever vurdert 3 måneder etter hermetisering.

Dag	0	1	2	3	4	7
Oljeprosent	A	AB	AB	AB	B	C
Konsistens	A	A	B	B	B	C
Lukt	A	A	A	A	A	B
Oljefarge	A	A	A	A	A	A
Partikler	A	A	A	B	B	C

Det er ingen signifikante forskjeller mellom parameterne på de dagene som har samme bokstav. Det var store forskjeller mellom boksene, noe som gir stor variasjon i materialet. Den første observasjonen hvor ferskhet ga nedgang i kvalitet var etter to dagers lagring før hermetisering og da var det konsistensen på den hermetiserte leveren som ble løsere. Konsistens var den første parameteren som viste redusert kvalitet.

Det er en tydelig økning i oljeslipp når råstoffet blir lagret før hermetisering (figur 23). Industri i Baltikum som konkurrerer om å hermetisere norsk råstoff, vil ikke klare å få ferskere råstoff enn 3-4 dager ved hermetisering, noe som kan være et konkurransefortrinn for norsk industri. Figur 23 viser stort standardavvik, noe som gjør at det er vanskelig å finne effekter av å bruke helt fersk lever på sluttkvaliteten etter 3,5 måneder etter hermetisering. Det var høy korrelasjon mellom de ulike sensoriske parameterne som ble vurdert.



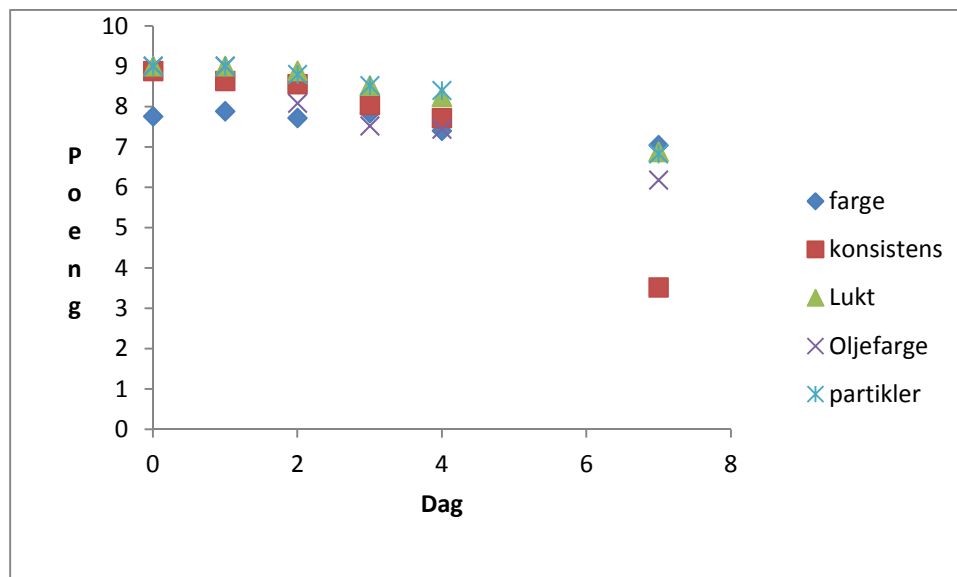
**Figur 23. Innhold av olje og fast masse (fyllingsgrad) i boksene gjennom lagringsforsøket**  
(Gjennomsnittstall ± standardavvik).

Det er signifikante korrelasjoner mellom de sensoriske parameterne. Dette betyr at vi ikke trenger å registrere så mange parametere, men velge ut enkelte, for eksempel konsistens. Det var signifikant korrelasjon mellom farge og de andre parameterne, men det kan kanskje forklare av at leveren var sortert ut fra farge på slaktelinja, og altså var nokså homogen ved forsøksstart.

**Tabell 9. Korrelasjoner mellom sensoriske parametere** (Spearman test for ikke parametriske parametre).

Parameter/Korrelasjon	Farge	Konsistens	Lukt	Oljefarge
<b>Farge</b>				
<b>Konsistens</b>	0,24 ***			
<b>Lukt</b>	0,37 ***	0,65 ***		
<b>Oljefarge</b>	0,23 ***	0,70 ***	0,63 ***	
<b>Partikler</b>	0,32 ***	0,72 ***	0,61 ***	0,73 ***

\*\*\* Betyr at det er signifikant korrelasjon mellom parametrene.



**Figur 24. Sensorisk vurdering av kvalitet på hermetisert lever hermetisert på ulike dager etter slakting.**

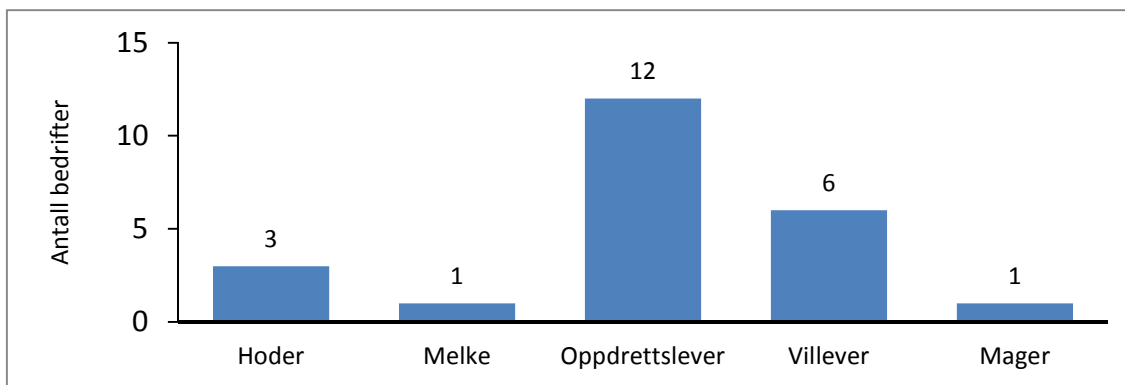
Når de ulike parameterne presenteres samlet, ser vi at nedgangen i oljefarge starter allerede etter to dager, og mellom dag 4 og 7 er det stor nedgang, spesielt i konsistens. Da var produktet lite tiltalende, og oljefargen var gul og grumsete. Samtlige kvalitetsparametere synker når råstoffet er lagret i 7 dager, og spesielt konsistens blir dårlig.

### 3.3 Markedsundersøkelse

I januar 2010 ble det gjennomført en innledende markedsundersøkelse for biråstoff fra oppdretts-torsk. Det ble gjennomførte en spørreundersøkelse hos utvalgte oppdrettere, slakteri og eksport-bedrifter. I intervjuguiden ble det inkludert spørsmål om lever, produksjon og kvalitet, pris og markedspotensial, bruk av mager og melke til konsum. Noen av spørsmålene omhandler hvilke spesifikke krav respondentene stilte til kvalitet, volum, pris, produktegenskaper, kvalitet og emballasje.

Det var en målsetning å gjennomføre en spørreundersøkelse hos norske omega-3 produsenter for å belyse om lever fra oppdrettstorsk kunne være en aktuell råstoffkilde for denne industrien. Det ble gjennomført en undersøkelse hos bedrift er i Omegaland som er lokalisert i Møre og Romsdal. Prosjektdeltagere i Omegaland omfatter 7 produsenter av omega-3 konsentrat. I møter med produsentene ble det diskutert muligheter for å benytte lever fra oppdrettstorsk som omega-3 kilde i produksjonen. De fleste tilbakemeldingene fra bedriftene var at torskelever har for lavt EPA/DHA innhold, og for lite omega-3, til at det er interessant sammenlignet med alternativt råstoff fra Sør-Amerika. Olje fra torskelever har bare 1/3 av EPA/DHA innholdet i forhold til Sør-Amerikanske oljer. Bedriftene Epax, Rieber, BLT, Napro Pharma har derfor valgt å bruke andre kilder med mer omega-3. Innenfor Omegaland klyngen er det bare en bedrift som benytter lever fra oppdrettstorsk i sin produksjon, 2 av bedriftene benytter ikke slikt råstoff og fire av bedriftene vurderer at bruk av lever fra oppdrettstorsk ikke er aktuelt i dag. Om det i framtida blir mer fokus på at produksjon av oljer fra ferskt råstoff kan det bli interessant å benytte torskelever som råstoffkilde. Dette kan gi en olje av bedre og ferskere kvalitet. Det er økt fokus på oksidasjonsstatus og hvilken helsemessig effekt dette har (Ruyter m.fl. 2010). Dersom produsentene satser på et slikt alternativ, må de legge om produksjonen. Bedriften Denomega har slik produksjon i dag. Leveroljen blir produsert av dagsferskt biråstoff fra Marine Fresh og Fjordlaks og oljen benyttes i "functional food" produkter. Denomega har patentert en kaldpressingsmetode, som ivaretar kvaliteten på råstoffet.

I de innledende markedsstudiene ble det fokusert på omsetning av lever, mager rogn og melke fra oppdrettstorsk. Figur 24 viser at lever er den restråvaren som omsettes mest.



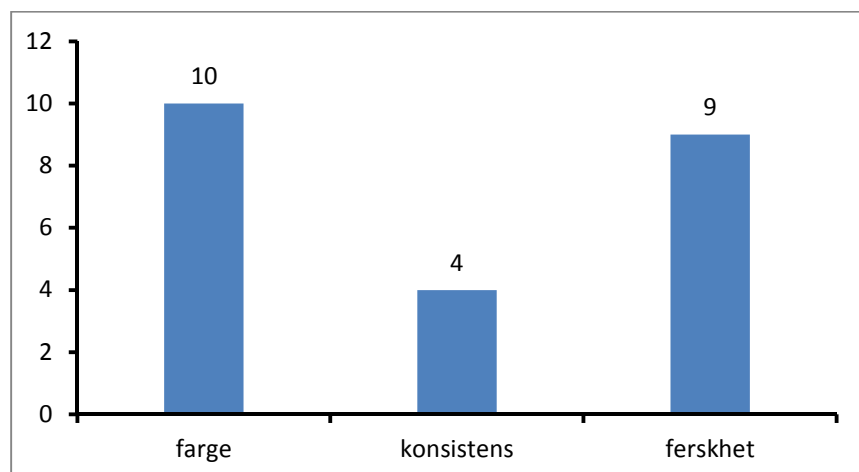
**Figur 25. Oversikt over hvilke restråvarer bedrifter i undersøkelsen omsetter.** Hver bedrift kan rapportere flere produkter og 13 bedrifter har deltatt.

De fleste vi har intervjuet har opplyst at de omsetter lever fra oppdrettstorsk. Halvparten av disse har også omsetning av lever fra villtorsk eller kun det. Det er kun en bedrift som har omsatt melke og en som bruker mage, mens tre har nevnt hoder- der det stort sett er snakk om å skjære tunger. Kun et fåtall bedrifter i undersøkelsen omsetter altså hoder, melke og mager.

### Lever

#### *Kvalitetssegenskaper for torskelever*

Flere faktorer er relevante kvalitetsegenskaper for oppdrettet lever. Størrelse, farge, tekstur, ferskhet og transporttid til markedet blir trukket fram som de viktigste faktorene. Figur 26 viser hvilke produktsegenskaper bedriftene i undersøkelsen synes var viktigst.



**Figur 26. Bedriftenes vurderinger av kvalitetsparameterer for lever.** Antall bedrifter som vektlegger parameteren langs y-aksen. 13 bedrifter har deltatt i undersøkelsen.

Bedriftene gav ingen respons på spørsmål om ønsket størrelse på leveren, noen forutsatte at den var hel. Kravene omfattet stort sett farge og ferskhet. Dette skyldes trolig at leveren stort sett skulle anvendes til konsumprodukter. Hvis vi hadde spurt oljeprodusenter, ville nok ikke

fargen være så vesentlig. Det var ulike grenser for krav til ferskhet- noen sa maks en dag, andre rapporterte om 48 timer, og noen satte grensa på inntil 3 døgn.

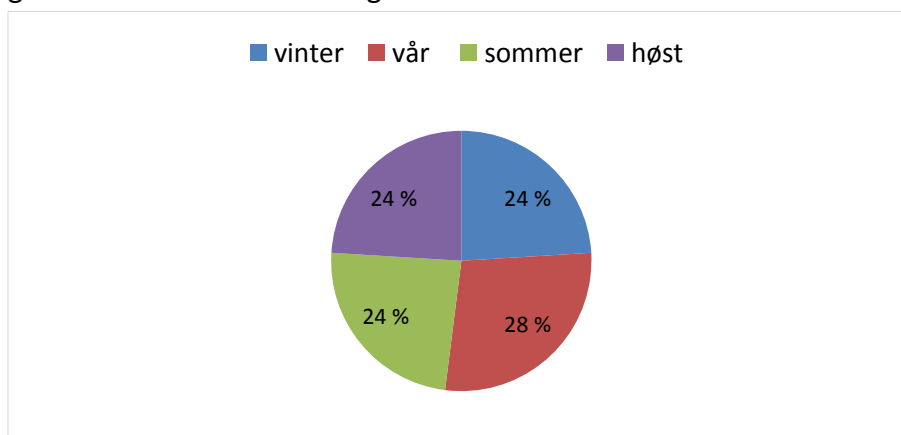


Figur 27. Grønn misfarget lever fra oppdrettstorsk.



Figur 28. Lever av god kvalitet fra oppdrettstorsk.

Konsistens og grønn misfarge av torsk leveren har vært problematisk hos enkelte norske oppdrettere, men det ser ikke ut til at problemene er like store i hele næringen. Det er spekulert i om problemet med grønn lever oppstår i bestemte årstider. Men ingenting tyder på at dette er tilfelle. Det var klare tilbakemeldinger på at bestemte partier har større forekomst enn andre. En bedrift på Vestlandet opplyser om at i sommerhalvåret må en ofte sortere ut halvparten av leveren pga. misfarging. Bedriftene opplever problemer med grønn lever gjennom hele året (Figur 29). Dersom en skal utnytte lever til konsum er det viktig å kartlegge årsaker og omfanget av grønn lever. Det er viktig å undersøke om det er en nord/sør gradient, slik at ikke bare fôr, fôring, veksthastighet men også temperatur kan forklare dette. De forskes på årsaken til denne grønne misfargen. I samarbeid mellom NCE Aquaculture og UMB er en stipendiat i arbeid med å analysere kvalitativt og kvantitativt grønn lever under veiledning blant annet av forskere ved Nofima.

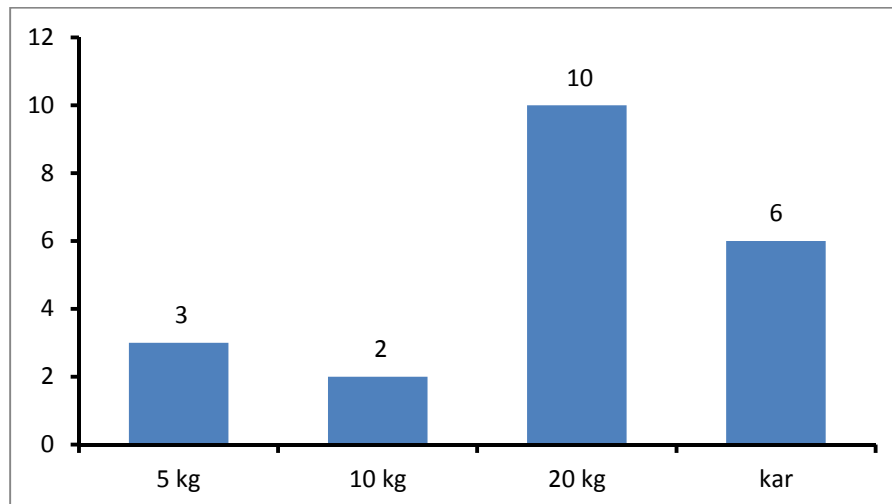


Figur 29. Forekomst av grønn lever.



### Emballasje

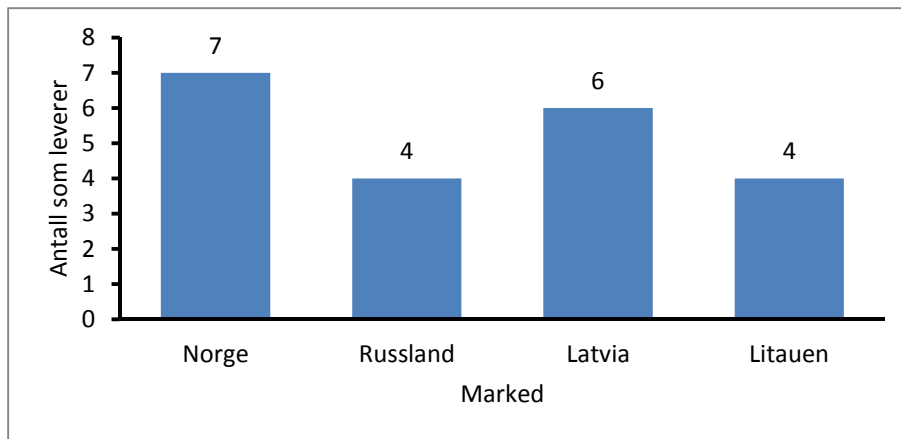
Når vi spurte bedriftene om hvilken emballasje som ble benyttet, var det flest som rapporterte om pakking av lever i 20 kg kasser, mens en del brukte kar. Tidligere har vi sett at lever er produsert og pakket i kar og sendt fersk til Latvia, eller fryst inn og transportert fryst i kar. De fleste pakker i isoporkasser, mens de som fryser inn pakker gjerne i 20 kg makrellkasser. Figur 30 viser hvilke emballasjestørrelse som blir benyttet for lever.



**Figur 30. Størrelse på emballasjen som bedriftene benytter til lever.** Antall bedrifter som benytter emballasjen langs y-aksen.

### Omsetning og marked

Vi har spurt respondentene om omsetning og markedet for lever. Tidligere har vi fått svar på at markedet for lever av oppdrettstorsk er Norge, Frankrike, Tyskland, Israel og Russland (Aas og Kjerstad 2008). I Norge omsettes fersk lever hovedsakelig i skreisesongen i februar/mars. Det er imidlertid rapportert at enkelte kokker i restaurantbransjen vurderer lever fra oppdrettstorsk som et kvalitetsprodukt, og rangerer det over lever fra villtorsk (Aas og Kjerstad 2008). Spørreundersøkelsen i dette prosjektet viser at i innenlandsmarkedet omsettes fersk torskelever mellom 6-30 kr/kg. Prisnivået synes å være det samme som for fersk villfanget torskelever. I Russland og Baltiske land har prisen for fersk lever fra oppdrettstorsk variert mellom 6-12 kr/kg. Utenom innenlandsmarkedet er Baltikum og Russland de viktigste markedene i dag, og leveren blir i stor grad hermetisert (Figur 31).



**Figur 31. Marked for lever.**

Bedriftene ble spurt om det er forskjeller mellom oppdrettet og villfanget torskelever. Noen poengterte at det var forskjeller i omsetning av disse produktene. Når det gjelder ferskhet har en muligheter til *pre-rigor* håndtering av oppdrettstorsk, noe som vil påvirke kvaliteten også på restråstoffet. Det rapporteres at lever fra oppdrettsfisk har kortere holdbarhet enn lever fra villfisk. Dersom en skal prosessere leveren har en mulighet å lage ferskere produkter.

### **Rogn og melke**

Rogn har tradisjonelt blitt utnyttet, og det oppnås relativt god pris både når det anvendes til konsum eller mer industrielle formål. Melke eller isel blir ikke utnyttet i like stor grad. Det er rapportert om priser på kr 45 for ferskpakket torskemelke av villfisk som går fra Alaska til Japan. Det selges litt til Korea. I torskeoppdrett arbeides det med å slakte fisken før den blir kjønnsmoden, så dette er ikke produkter som vil komme i noe omfang fra oppdrett. Melke kan brukes bl.a. i kosmetikk.

## 4 DISKUSJON

### **Slakte- og produksjonsmetoder påvirker leverkvaliteten**

Tidligere ble oppdrettstorsken slaktet ved flere små slakterier langs kysten, men den siste tiden har det vært en sterk sentralisering på slakterisiden. I dag er det bare 3-4 slakterier igjen som er spesialisert på torsk. Ved små slakteri var det en utfordring hvordan en best mulig kan lagre batcher av biråstoff for å greie å utvikle en økonomisk lønnsom utnyttelse. Ved større slakteri, er det helt andre muligheter for håndtering av råstoff og videre prosessering av restråvarer. Rask nedkjøling av lever og stabil lagringstemperatur er avgjørende for kvaliteten. Ved bruk av is, tok det 2-6 timer før vi oppnådde en stabil temperatur på 0 °C. Ved pakking i små enheter, 20 kg kasser, oppnådde leveren 6-8 dagers holdbarhet. Diep (2004) sammenlignet lever som var nedkjølt ved bruk av slurry og is, og fant ikke forskjeller i oksidasjonsforløp mellom metodene. Vårt råstoff stammet fra manuell og automatisert slaktelinje. Leverne som ble benyttet var frasortert som beste kvalitet. Vi fant ingen forskjell i kvaliteten på leveren fra de to sløyemetodene. At lever var skåret i biter i den automatiserte sløyelinja så ikke ut til å påvirke holdbarheten til produktet. En registrerte ikke endring i kvalitet eller økt avrenning av olje når leveren var kuttet i biter. Ved oppskjæring i leverbiter, blir leverhinna fjernet fra deler av leveren, og dette kunne vært en innfallspott for raskere oksidasjon. Lagringsbetingelsene i forsøkene var like, og leveren var singelpakket i plastposer – så derfor var dette trolig ikke noe problem. Kvalitetsvurderingene og oksidasjonsstatus i de to forsøkene viser det samme mønsteret. I sløyemaskiner blir ofte leveren revet opp, men resultatene indikerer at leveren fortsatt kan anvendes til konsum. Det er viktig med god rensing og nedkjøling for at vedheng av innvoller ikke skal tilføre enzymer og bakterier, noe som vil øke oksidasjonshastigheten. Ved å samle opp lever i 500 kg kar, vil nedkjølingen gå seinere og kontaminering og enzymatisk oksidasjon blir raskere.

I våre forsøk ble leveren singelpakket. Dette kan virke stabiliserende, fordi plastposene hindret eksponering mot vann, luft og is. Singelpakking hindret også potensiell kontaminering mellom leveren, luftkontakt og kontakt med is/vann. I kommersiell produksjon vil trolig leveren bli pakket samlet, og da vil rensing være enda viktigere. Hvis det er rester fra innvoller med enzymer, vil dette sette i gang oksidasjon i hele partiet. Leverne ble heller ikke eksponert for smeltevann i isen som de ble pakket i. Det var liten variasjon i våre funn, så det kan tyde på at høykvalitets lever har god holdbarhet. De fleste bedriftene i markedsundersøkelsen rapporterte at de pakket i 20 kg kasser, men en del pakket også leveren i kar. Det er ei større utfordring å holde lagringstemperaturen på 0 °C i kar. I dag pakker slakteriene lever når de får bestillinger, ellers blir leveren blandet med resten av innmaten og avskjær og ender som ensilasje og dyrefôr.

### **Høy korrelasjon mellom sensoriske kvalitetsparametere**

I dag sorteres leveren på slaktelinja. Markedsundersøkelsen viser at farge er viktigste kvalitetskriterium for leveren, deretter ferskhet. Vi undersøkte flere sensoriske kvalitetsparametere og fant høy korrelasjon mellom de ulike – men der var farge allerede brukt som kriterium ved utvelgelse av råstoff til forsøket. Ved slike høye korrelasjoner, kan det være tilstrekkelig å velge ut et kriterium, enten lukt eller konsistens. Sortering på slaktelinja gir jevn kvalitet på produktet. Vi analyserte fem leverer på hvert tidspunkt, tilfeldig valgt, og fant godt samsvar mellom de fem, og også samme forløp mellom de to ulike forsøkene. Kun dag 11 skilte seg ut med litt fastere, bedre konsistens – og også mindre harsk lukt. Kunnskap om slaktedato er likevel viktig for å vurdere restholdbarheten, siden forskjellene ikke vises de første tre dagene.

Vi inkluderte flere sensoriske kvalitetsparametere og de vanligste standarder for kjemisk måling av oksidasjon. De høye korrelasjonene mellom ulike parametere viser at vi kan redusere registreringene i videre forsøk. De sensoriske parameterne påviser kvalitetsreduksjon tidligere enn målinger gjennom oksidasjonsparametere. Lukt og tekstur er de parameterne som kan være raskest og mest effektivt for å sortere kvalitet. Disse metodene er kanskje de tradisjonelt mest brukte for å vurdere råstoffet.

Vi fant god tekstur på råstoffet gjennom flere dagers kjølelagring. Diep (2004) refererer til ødelagt tekstur, noe som gjorde prøveuttak fra samme sted i leveren vanskelig. Vi opplevde ikke det som noe problem, og homogeniserte hele leveren før uttak til analyse.

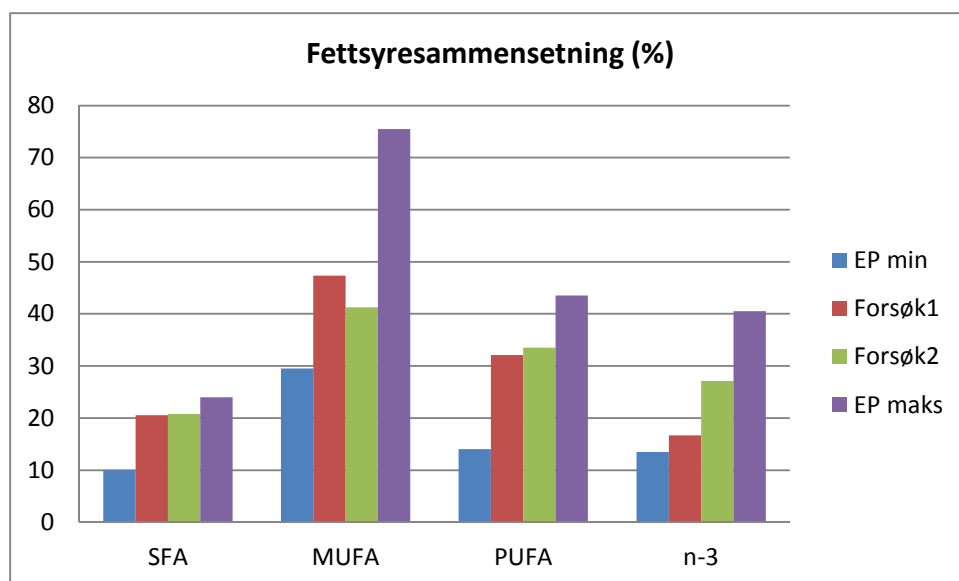
### **Produktegenskaper og fettsyresammensetning i lever**

Generelt er lever fra oppdrettstorsk lys og nokså løs i konsistens i forhold til lever fra villtorsk. Villfisken har smalere fasong på leveren i forhold til lever fra oppdrettstorsk. Fersk lever fra oppdrettstorsk har svak, frisk lukt og er myk og bløt. Det er ulik forekomst av grønnfarget lever fra oppdrett. Grad av grønn misfarging varierer mellom partier og batcher (Aas og Kjerstad 2008). I forsøk 1 var det litt over halvparten av leverne som holdt førsteklasses kvalitet i partiet som ble slaktet den dagen, og farge var det viktigste kriteriet for å sortere ut leveren. Lever fra villtorsk har oftest litt mørkere farge, og en mer karakteristisk leverlukt, og den har fast konsistens. Det er en tendens til at den har litt mer rødlig farge, litt avhengig av fangstmetode og bløgging (Aas og Kjerstad 2008). Lever fra oppdrettstorsk har en annen fettsyresammensetning, og et høyere fettinnhold enn villtorsk lever. For villtorsk er det større variasjon, og denne varierer dessuten gjennom året og relatert til geografisk fangstområde (Carlehög m.fl. 2006, Shahidi & Dunajski 1994 & Falch m.fl. 2006). Størrelsen på fisken i våre forsøk var 2,5-3,5 kg noe som samsvarer med fisken i Diep (2004) og leverindeksen var også i samme størrelsesorden. Totalt fettinnhold i lever var ca. 70 %, mens Diep (2004) rapporterte om fettinnhold i lever fra 60-66 %. I villtorsk vil dette ofte være en del lavere.

Fôrets påvirkning av fettsyresammensetning i lever til oppdrettstorsk er godt dokumentert (Lie 1991, Morais m.fl. 2001, Mørkøre m.fl. 2007). Det er gjennomført mange studier av fettsyreprofil i villtorsklever. Fettsyreprofiler har vist seg å være et verktøy for å skille mellom torskeleverolje fra oppdrettstorsk og villtorsk (Standal m.fl. 2008). Ved endringer i torskefôret fremover, vil fettsyresammensetningen endres og gjenspeile råstoffet. Innhold av marine råvarer i fôret reduseres når tilgangen på marine råvarer blir begrensende. Det pågår mye forskning på bruk av vegetabiliske råvarer for å finne fiskens evne til å utnytte disse råvarene uten at det påvirker vekst og helsestatus. Det er sannsynlig at mengden n-6 oljer vil øke i fremtidig torskefôr og dermed også i lever. Med to ulike råstoff fra oppdrettstorsk, var fettsyresammensetningen signifikant forskjellig for 18 ulike fettsyrer, DHA og EPA innholdet var derimot ikke signifikant forskjellig, men lavere enn det vi finner hos villfisk. Det ser ikke ut som om denne forskjellen i råstoff i de to forsøkene påvirker konsumproduktets egenskaper, men som omega-3 kilde vil vårt råstoff bli mindre attraktivt. Ferskhet og oksidasjonsstatus kan likevel være et fortrinn som kan kompensere for dette – men det kommer an på utviklingen i det globale oljemarkedet.

Det foreligger kvalitetskrav for ferdigraffinerte oljer. Det er forskjellige standarder for leverolje fra villtorsk og oppdrettstorsk. Et viktig skille mellom de to standardene gjelder innholdet av C18:2 n-6, hvor lever av villtorsk skal inneholde 0,5-3% og leverolje fra oppdrettstorsk 3-11% (EP 2003, 2006). Våre resultater var i området 4-6% og for standarden for olje fra oppdrettstorsk er grensene satt på 3-11%. Selv ved bruk av bare marine råvarer i fôret, er det ikke mulig å få olje med mindre enn 3% C18:2n-6 (Breivik pers med).

Sammenlignet med grensene for fettsyresammensetning fra olje fra villfisk oppfyller våre levere nivået og ligger mellom maksimum og minimumsgrenser (Figur 32). Problemet er å holde seg innenfor grensen på 3% av C18: 2 n-6. Det blir oftest ikke oppnådd med olje fra torskelever fra oppdrettstorsk. Figur 32 illustrerer hovedfordeling mellom mettede, enumettede og flerumettede fettsyrer for våre funn i forhold til grensene for europeisk farmakopø for leverolje fra villtorsk. Kravet til villfisk (EP 2003) til minimum 9% EPA oppfylles, mens minimum 13 % DHA ikke oppfylles av lever i våre forsøk. For oppdrettstorsk er det et krav om en sum av EPA og DHA skal utgjøre mellom 10 og 28 % av fettsyrene (EP 2006).

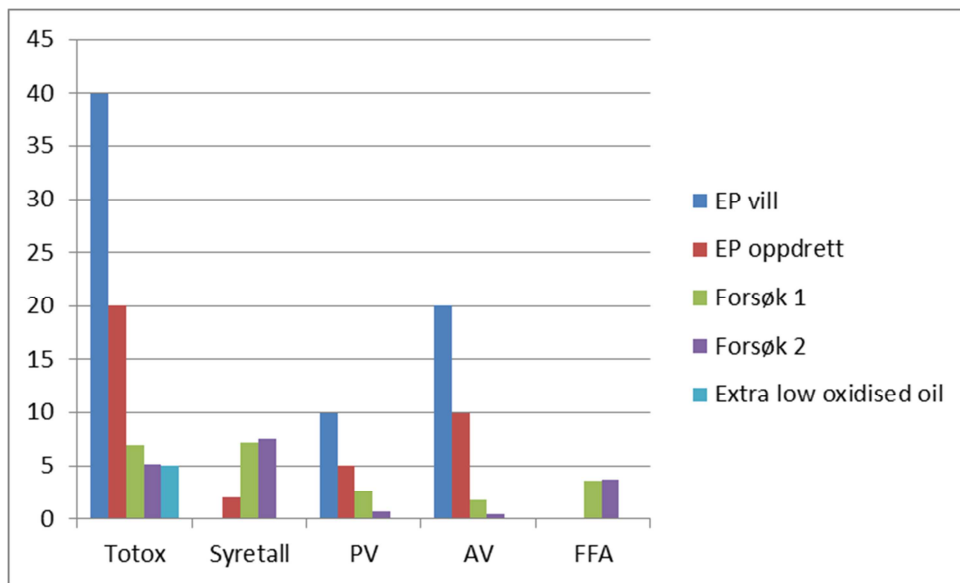


**Figur 32. Sammenligning av fettsyrer i forsøk og krav til leverolje fra villtorsk (Breivik pers med).**

EP min er minimumsgrense, EP maks er maksimumsgrense. SFA er mettede fettsyrer, MUFA er en-umettede fettsyrer, PUFA er flerumettede fettsyrer. N-3 er summen av n-3 fettsyrer.

### Oksidasjon i oljer under lagring

Oksidasjonsforløpet var likt i begge forsøkene ved de samme lagringsbetingelsene. De europeiske farmakopøene for fiskeoljer inneholder krav til oksidasjonsstatus. For tran fra oppdrettstorsk er grenseverdiene hhv. 10 og 5 for AV og PV (EP 2006). For tran fra villtorsk er kravene til oksidasjon høyere med grenseverdier på hhv 30 og 10 for AV og PV (EP 2003). I tillegg finnes det en frivillig standard for fiskeolje, GOED- standarden, med hhv 20, 5 og 26 for AV, PV og totox. Det har kommet et norsk forslag til Codex-standard for "Extra Low oxidised" oil med spesielle krav til oksidasjonsstatus (Breivik pers med). Oljen fra leveren i forsøkene oppfyller kravene til tran for oppdrettstorsk, bortsett fra på syretall (Figur 33, Frie fettsyrer= syretall: 1,99). For å tilfredsstille kravet til syretall under 2, må leveren prosesseres innen 4 dager. Ved å bruke leveren innen dag 4, kan råstoffet benyttes til å ekstrahere olje direkte som oppfyller oksidasjonskravene. Begge forsøkene oppfyller kravene på totox under 5 som er kravet til olje "extra low oxidised oil" etter 7 dagers lagring. Ved å sammenligne oksidasjonsstatus etter 10 dagers lagring, får vi et uttrykk for råstoffkvalitet i forhold til standardene for olje. Det er ikke direkte sammenlignbart hvilke resultater en homogenisert lever som ekstraheres for fett i forhold til en ferdig olje, men resultatene er presentert i figur 33.



**Figur 33. Oksidasjonsstatus hos lever lagret i 10 dager i forhold til EP standarder for leverolje fra villtorsk, oppdrettstorsk og olje med ekstra lavt oksideringsstatus.**

Allerede i 1895 publiserte Heyerdal karakterisering av torskeleverolje og analysemetoder for oksidasjon. Det er likevel lite litteratur publisert på lagring av lever i forhold til oksidasjonsstatus og sensorisk analyse, selv om olje- og tranindustrien har mye intern kunnskap. Litteraturen som finnes omhandler hovedsakelig olje og tran etter ekstraksjon og prosessering.

Et forsøk viste at økning i frie fettsyrer utviklet seg saktere hos villtorsk enn hos oppdrettet og oppfôret torsk (Diep 2004). Mellom dag 6 og 10 økte FFA betydelig i alle gruppene i deres forsøk. Mellom dag 10 og 14 økte FFA raskere hos fôret og oppdrettet torsk, i forhold til lever fra villtorsk som flatet mer ut. Vi fant lignende forløp med FFA som Diep (2004) for lever fra oppdrettstorsk, men har ikke vill torsk som referanse. Det ser ut som om frie fettsyrer øker mindre hos vill torsk etter 10 dager. Dette kan være med å forklare at markedet sier at holdbarheten til lever av vill torsk er lengre enn hos lever fra oppdrettstorsk. Diep (2004) brukte TBars som analysemetodikk for å beskrive harskning, mens vi valgte å bruke anisidin og peroksidtall som er beskrevet i fiskeoljefarmakopøene. De forskjellige metodene er beskrevet av Ruyter m.fl. 2010.

#### **Anvendelsesområder for lever av oppdrettstorsk**

Våre resultater gir større marginer for holdbarhet for fersk lever enn vi trodde opprinnelig. Vi fant ingen spesielle kvalitetsegenskaper hos dagsfersk lever i forhold til lagring en dag på is. Avhengig av hvilke teknologi og produksjonsmuligheter torskeslakteriene har, kan lever

anvendes til flere produkter. Lever kan være godt egnet som konsumprodukt både i ferske og hermetiske produktvarianter eller den kan benyttes til oljeproduksjon.

### Konsumprodukter

Våre funn tyder på at kvaliteten som konsumprodukt opprettholdes de første 3 dagene uten at vi sensorisk merker noen endringer i kvalitet. Leveren er akseptabel til fersk konsum i 6 dager når vi vurderer poenggrensen på 7 for sensoriske målinger. Restholdbarheten vil bestemmes av slaktedato og lagringstemperatur. Lukt og konsistens er de første egenskapene som endrer seg og som kan føre til vraking som konsumprodukt. Diep (2004) fant heller ikke forskjeller i harskning ved bruk av slurry og is, men det er viktig at råstoffet lagres på 0 °C. Et eksempel på hvordan leveren endrer struktur og slipper olje er figur 33 og 34, som er tatt av samme lever som er lagret 11 dager på is. Figur 34 er tatt rett etter at leveren er tatt fra is, og den har blitt vurdert sensorisk. Den ble så liggende på benken i ca. 15 minutter, og oljen frigis når temperaturen stiger mot romtemperatur (Figur 35).

Ofte blir noe lever pakket på bestilling til kunder, mens resten går til anvendelse sammen med det andre biråstoffet. Det er et potensiale for å øke andelen som brukes til konsum.

I dag blir lever fra oppdrettstorsk hermetisert i Baltikum. Ved transport av lever til Baltikum vil leverne minimum være 4 dager gammelt før hermetisering. I våre forsøk testet vi "superfersk" lever, kun 6 timer fra slakting til hermetisering. Vi oppnådde ikke ekstra høy kvalitet ved å benytte dagfersk lever. Hermetiseringsforsøket viste at det ga størst utbytte av fast lever i boksa hvis leveren ble hermetisert innen i to dager. Selv om leveren ble hermetisert etter fire dager, ga dette et godt produkt, men det ble mye større andel olje i boksene. I et tidligere innledende forsøk ble lever hermetisert etter to dager på is. Ved åpning av bokser lagret 3 år, ble det ikke funnet harsk smak.

Det er viktig at leveren er lys og fin, hvis ikke blir oljen farget og ser mindre tiltalende ut. Lys, fin lever gir klar olje i boksene. I forsøkene våre ble det benyttet førsteklasses lever, slik at grønn misfarging ikke var et problem.



Figur 34. Lever lagret på is i 11 dager, 0 °C



Figur 35. Lever lagret 11 dager på is, deretter 15 min i romtemperatur.



Problemet med grønn lever er også under utredning. Stipendiat Bjørn Gjelland Nielsen arbeider med kvalitativ og kvantitativ analyse av grønn farge. Innledende analyser har gitt indikasjoner på at grønn misfarging av torskelever skyldes akkumulering av biliverdin. Det er nær et gjennombrudd på kvalitativ dokumentasjon av pigmentet som gir fargen, og det utvikles en metode for mer kvantitativ bestemmelse. Årsaker til grønn farge i forhold til produksjonsforhold er ikke avklart selv om historikk og miljødata er samlet inn for fisk med grønn lever. Det er ikke observert spesielle tidspunkt for utbredelse av grønn farge, verken i våre data fra markedsundersøkelsen eller hos data samlet inn ved NCE. Resultatene våre indikerer at en får problemer med hermetisering og anvendelse av grønn lever til konsum, slik lever kan imidlertid benyttes til oljeproduksjon.

### ***Oljeproduksjon***

Det var klare forskjeller i fettsyresammensetning i råstoffet i de to forsøkene. Fettsyresammensetningen er viktig for prisfastsettelse og anvendelse til olje. Innholdet av EPA og DHA var relativt likt. Ved vurdering av oppdrettstorsk som råstoff vil kjennskap til fettsyreprofil i fôret kunne forutsi hva som finnes i leveren. Ved kjølelagring under forsøksbetingelser holdt leveren seg stabilt over dager med tanke på oksidasjon. Det tok 13 dager før Totox kom på 10. Ved større partier i kar, forventes det at oksidasjonen vil forløpe raskere. Andel frie fettsyrer vil være et mål på kvaliteten og sier noe om råstoffets ferskhets. Våre funn viser stabil oksidasjonsstatus, så det vil være tilstrekkelig å kjøre oljeproduksjon basert på batch en gang i døgnet, ved f.eks. å bruke et kompaktanlegg.

## 5 KONKLUSJON

- Ved slakting må lever frasorteres og lagres separat uten å bli eksponert for andre innvoller. Det er viktig at leveren er godt rensset.
- Det er viktig med rask nedkjøling – bruk is ved pakking til konsum, men unngå kontakt mellom is og lever.
- Våre resultater viste ikke forskjell i kvalitetsvurderinger og oksidasjonsstatus om leveren var hel eller skåret i biter.
- Automatisk sløyning og manuell sløyning gir samme kvalitet og holdbarhet.
- Stabil kvalitet i 3-4 dager og akseptabelt som konsumprodukt i 6 dager.
- Kvalitetsreduksjon avdekkes ved avvikende lukt og mykere tekstur som de første tegn på at kvaliteten blir redusert.
- Dagsfersk lever ikke nødvendig for å oppnå god kvalitet!
- Hermetisering bør foregå innen to døgn for å få best kvalitet og mest lever i boksen. Det er praktisk med store biter i boksen.
- Misfarget lever må frasorteres ved anvendelse til konsum.
- Lys, mild smak- hermetisk lever fra oppdrettstorsk er et annerledes produkt enn villtorsk. Hermetisert lever fra oppdrettstorsk bør introduseres som et nytt produkt i markedet.
- Anvendelse til olje innen 4 dager for å oppnå tilfredsstillende oksidasjonsstatus målt ved frie fettsyrrer. Lavt oksidasjonsnivå målt ved PV og AV i inntil 10 dager på is, rundt null grader

## 6. REFERANSER

AOAC. 2003. Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists Society. SAMPLING AND ANALYSIS OF COMMERCIAL FATS AND OILS. AOCS Official Method Cd 8-53. Champaign, IL: AOCS Press.

AOCS. 1997. Official Methods and Recommended Practice of the American Oil Chemists Society. SAMPLING AND ANALYSIS OF COMMERCIAL FATS AND OILS. AOCS Official Method Cd 18-90. Champaign, IL: AOCS Press.

Carlehög, M., Eilertsen, G., Akse, L. 2006. Totalutnyttelse av marint restråstoff – Utnyttelse av lever fra oppdrettstorsk til konsum. Fiskeriforskningsrapport 03/06. 15 s.

Diep, M.T.N. 2004. The fatty acid contents in the muscle and liver of wild, fed-wild and farmed cod (*Gadus morhua*), and its development of rancidity during storage in ice or in slurry. Masteroppgave Universitetet i Bergen, NIFES. 56 s.

EP 2003, European Pharmacopoeia Commission, European Directorate for the Quality of Medicines (EDQM), Cod Liver oil 4.8 (04/2003: 1192 og 1193), Fish oil rich in omega-3 acids 4.7 (01/2003: 1912). Omega 3- acid ethylesters, 4.7 (01/2003: 2063 & 1250). Omega-3 acid triglycerides 4,7 (01/2003: 1352), European Pharmacopoeia, 2003.

EP 2006: Cod Liver oil, farmed. Pharmaeuropa 18 (4) 605-609.

EP 2008: Fish oil, rich in omega-3 acids. European Pharmacopoeia; 6: 1893-1895.

Falch, E., Rustad, T., Aursand, M. 2006. By-products from gadiform species as raw material for production of marine lipids as ingredients in food or feed. Process Biochem. 41: 666-674.

GOED. Global organization for EPA and DHA Omega – 3 S, 2006, July 1. GOED Voluntary monograph (v.3). Retrieved from GOED Web Site: <http://www.goedomega3.com/portals/0/pdfs/GOEDMonograph.pdf>.

Goto, T., Takagi, S., Ichiki, T., Sakai, T., Endo, M., Yoshida, T., Ukawa, M., Murata, H. 2001. Studies on green liver in cultured red sea ream fed low level and non-fish meal diets: Relationship between hepatic taurine and biliverdin levels. Fisheries Science 67: 58-63.

Heyerdal. P.M. 1895. New researches in "Cod Liver Oil and Chemistry", ed. by Peckel Möller, F. London. Peter Möller, 48 Snow Hill, E.C.

Lie, Ø. 1991. Studies on digestion, deposition and fatty acid composition of lipids in cod (*Gadus morhua*). Thesis for PhD, Universitetet i Bergen; Norge.

Morais, S., Bell, J.G., Robertson, D.A., Roy, W.J., Morris, P.C. (2001). Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilisation, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 203: 101-119.

Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Porter, A.R., Tocher, D.R. 2007. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition and key enzymes of fatty acid oxidation in liver and muscle of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) *Aquaculture* 264 (1-4): 372-382.

Mørkøre, T., Netteberg, C., Johnsson, L., Pickova, J. (2007). "Impact of dietary oil source on product quality of farmed *Gadus morhua*." *Aquaculture* 267: 236-247.

Mørkøre, T., Ytrestøyl, T. & Ruyter, B. 2008. Leverkvalitet hos oppdrettstorsk. Statusrapport Nofima. 26 s.

Ruyter, B., Trømborg, A., Vogt, G., Grimmer, S. 2010. Lite oksiderte omega-3 oljer og potensielle helsefordeler. En screening av omega-3 oljer med hensyn til variasjon i oksidasjonsgrad, innhold av oksidasjonsprodukter og effekt på markørsystemer. Rubinrapport nr 196. 59 sider.

Shahidi, F., & Dunajski, E. (1994). "Lipid fatty acids, growth and compositional characteristics of farmed cod (*Gadus morhua*)." *J Food Lipids* 1: 265-271.

Skjævestad, B. & Vogt, G. 2009. Omegan-3 oljer fra ferskt marin råstoff. En mulig konkurransestrategi for den norske omega-3 industrien. Rubin Rapport nr 173. 38 s.

Standal, I.B., Praël, A., McEvoy, L., Axelson, D.E. & Aursand, M. 2008. Discrimination of cod liver oil according to Wild/Farmed and Geographical origins by GC and <sup>13</sup>C NMR. *J Am Oil Chem Soc* 85: 105-112.

StataCorp 2009, A Stata Press Publication, StataCorp LP, College Station, Texas.

Aas, G.H. & Kjerstad M. 2008. Status for utnyttelse av restråvarer fra oppdrettstorsk. Rubinrapport 163.

## 7 VEDLEGG

**Tabell 10 viser oksidasjonsstatus ved lagring av lever, forsøk 1 høsten 2009.** FFA (frie fettsyrer), AV (anisidintall), PV (peroksidtall) og Totox som gjennomsnittsverdi  $\pm$ standardavvik.

Dag/Parameter	FFA (%)	AV	PV (Meq/kg)	Totox
0	0,32 $\pm$ 0,38	0,38 $\pm$ 0,17	0,54 $\pm$ 1,20	1,45 $\pm$ 2,44
1	0,41 $\pm$ 0,20	0,52 $\pm$ 0,08	0,16 $\pm$ 0,16	0,84 $\pm$ 0,29
2	0,45 $\pm$ 0,17	0,36 $\pm$ 0,20	0,21 $\pm$ 0,13	0,78 $\pm$ 0,36
3	0,61 $\pm$ 0,48	0,35 $\pm$ 0,29	0,15 $\pm$ 0,11	0,65 $\pm$ 0,33
4	0,80 $\pm$ 0,66	0,760,28 $\pm$	0,16 $\pm$ 0,16	1,08 $\pm$ 0,35
7	1,76 $\pm$ 1,03	0,70 $\pm$ 0,13	0,48 $\pm$ 0,22	1,67 $\pm$ 0,54
10	3,63 $\pm$ 1,33	1,72 $\pm$ 0,76	2,64 $\pm$ 0,67	7,00 $\pm$ 0,72

**Tabell 11 viser sensorisk vurdering av lever, forsøk 1 høsten 2009.** Farge, Lukt, Tekstur, Oljeavrenning samt levervekt som gjennomsnittsverdi  $\pm$ standardavvik.

Dag/Parameter	Farge	Lukt	Tekstur	Oljeavrenning	Levervekt
0	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	341 $\pm$ 91
1	8,2 $\pm$ 1,1	9 $\pm$ 0	8,6 $\pm$ 0,5	9 $\pm$ 0	361 $\pm$ 98
2	8,4 $\pm$ 0,9	9 $\pm$ 0	8,2 $\pm$ 1,1	6 $\pm$ 0	313 $\pm$ 41
3	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	8 $\pm$ 0	5 $\pm$ 2,3	339 $\pm$ 49
4	9 $\pm$ 0	8,2 $\pm$ 0,8	7,6 $\pm$ 0,5	5,4 $\pm$ 1,5	334 $\pm$ 79
7	9 $\pm$ 0	6,4 $\pm$ 0,5	7 $\pm$ 0,7	4 $\pm$ 1,7	365 $\pm$ 70
10	9 $\pm$ 0	4 $\pm$ 0	3 $\pm$ 0	4 $\pm$ 1,7	292 $\pm$ 85

**Tabell 12 viser oksidasjonsstatus ved lagring av lever, forsøk 2 høsten 2010.** FFA (frie fettsyrer), AV (anisidintall), PV (peroksidtall) og Totox som gjennomsnittsverdi  $\pm$ standardavvik.

Dag/Parameter	FFA (%)	AV	PV (meq/kg)	Totox
0	0,17 $\pm$ 0,05	0,40 $\pm$ 0,10	0 $\pm$ 0	0,170,04
3	0,50 $\pm$ 0,53	0,68 $\pm$ 0,14	0,10 $\pm$ 0,23	0,71 $\pm$ 0,59
4	0,40 $\pm$ 0,21	0,49 $\pm$ 0,05	0 $\pm$ 0	0,40 $\pm$ 0,21
5	1,47 $\pm$ 1,05	0,99 $\pm$ 0,26	0,38 $\pm$ 0,11	2,23 $\pm$ 1,27
6	2,25 $\pm$ 1,06	0,18 $\pm$ 0,75	0,26 $\pm$ 0,07	2,76 $\pm$ 1,10
7	1,73 $\pm$ 0,78	0,53 $\pm$ 0,46	0,29 $\pm$ 0,28	2,32 $\pm$ 0,82
8	3,01 $\pm$ 1,37	0,90 $\pm$ 0,74	1,15 $\pm$ 0,99	5,33 $\pm$ 3,17
9	4,69 $\pm$ 0,77	0,19 $\pm$ 0,190,01	0,55 $\pm$ 0,23	5,79 $\pm$ 1,09
10	3,75 $\pm$ 0,9	0,47 $\pm$ 0,62	0,70 $\pm$ 0,68	5,16 $\pm$ 1,76
13	6,41 $\pm$ 2,70	0,74 $\pm$ 2,37	1,79 $\pm$ 1,93	9,99 $\pm$ 5,91

**Tabell 13 viser sensorisk vurdering, forsøk 2 høsten 2010.** Farge, Lukt, Tekstur, Oljeavrenning og levervekt som gjennomsnittsverdi  $\pm$ standardavvik.

Dag/Parameter	Farge	Lukt	Tekstur	Oljeavrenning	Levervekt (g)	Oljeprosent
0	8,4 $\pm$ 1,3	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	143,8 $\pm$ 46,7	0 $\pm$ 0
3	8,6 $\pm$ 0,9	9 $\pm$ 0	8,6 $\pm$ 0,5	9 $\pm$ 0	119,2 $\pm$ 45,3	0,6 $\pm$ 0,8
4	8 $\pm$ 1,4	9 $\pm$ 0	8,4 $\pm$ 0,9	9 $\pm$ 0	180,4 $\pm$ 41,2	1,0 $\pm$ 0,8
5	8,4 $\pm$ 0,9	9 $\pm$ 0	7,2 $\pm$ 1,3	8,6 $\pm$ 0,9	123 $\pm$ 36,8	2,1 $\pm$ 1,4
6	8,6 $\pm$ 1,2	7,6 $\pm$ 1,1	5,8 $\pm$ 1,9	7 $\pm$ 1,4	126,2 $\pm$ 39,3	3,3 $\pm$ 2,8
7	8,6 $\pm$ 0,5	8,6 $\pm$ 0,9	6,6 $\pm$ 1,5	6, 8 $\pm$ 2,2	130,4 $\pm$ 12,5	7,5 $\pm$ 12,5
8	8,6 $\pm$ 0,9	7 $\pm$ 1,4	5 $\pm$ 1,4	7 $\pm$ 1,4	90,8 $\pm$ 22,2	4,9 $\pm$ 4,6
9	7,6 $\pm$ 1,5	4,2 $\pm$ 0,4	3,4 $\pm$ 0,5	4,4 $\pm$ 0,5	128,8 $\pm$ 33,6	6,5 $\pm$ 2,2
10	8,4 $\pm$ 1,3	5 $\pm$ 0,7	3,2 $\pm$ 1,3	3,8 $\pm$ 1,1	111,8 $\pm$ 30,1	9,9 $\pm$ 2,6
11	8 $\pm$ 1,4	5,2 $\pm$ 0,4	5 $\pm$ 1,2	6 $\pm$ 0,7	135,2 $\pm$ 44,4	3,2 $\pm$ 3,0
12	9 $\pm$ 0	3,5 $\pm$ 0,6	3 $\pm$ 1,2	5,8 $\pm$ 0,5	122,6 $\pm$ 18,1	22,1 $\pm$ 43,6
13	8,4 $\pm$ 0,9	4 $\pm$ 1,9	3,2 $\pm$ 1,3	5 $\pm$ 2,5	81,6 $\pm$ 40,4	5,4 $\pm$ 1,9

**Tabell 14. Resultater fra hermetiseringsforsøk høsten 2009.** Gjennomsnitt  $\pm$ standardavvik

Registrering\Dag	0	1	2	3	4	7
Vekt i boks (g)	114.97 $\pm$ 3.27	117.64 $\pm$ 1.59	117.02 $\pm$ 1.49	116.09 $\pm$ 1.43	117.15 $\pm$ 6.80	112.25 $\pm$ 2.89
Olje (%)	38.38 $\pm$ 8.22	34.94 $\pm$ 7.21	42.95 $\pm$ 7.18	42.41 $\pm$ 7.73	46.09 $\pm$ 6.29	55.89 $\pm$ 18.65
Fyllingsgrad (Fast masse (%))	61.62 $\pm$ 8.22	65.06 $\pm$ 7.29	57.04 $\pm$ 7.18	57.59 $\pm$ 7.73	53.90 $\pm$ 6.29	44.11 $\pm$ 18.65
Farge (Poeng)	7.76 $\pm$ 8.22	7.88 $\pm$ 0.83	7.72 $\pm$ 0.89	7.84 $\pm$ 0.94	7.4 $\pm$ 1.08	7.04 $\pm$ 0.73
Konsistens (Poeng)	8.88 $\pm$ 0.66	8.64 $\pm$ 0.63	8.56 $\pm$ 0.65	8.04 $\pm$ 1.05	7.72 $\pm$ 1.06	3.52 $\pm$ 1.90
Lukt (Poeng)	9 $\pm$ 0.33	9 $\pm$ 0	8.88 $\pm$ 0.44	8.52 $\pm$ 0.58	8.24 $\pm$ 1.27	6.88 $\pm$ 1.79
Oljefarge (Poeng)	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	8.08 $\pm$ 0.4	7.52 $\pm$ 0.50	7.44 $\pm$ 0.58	6.17 $\pm$ 0.39
Partikler i olje (poeng)	9 $\pm$ 0	9 $\pm$ 0	8.8 $\pm$ 0.41	8.5 $\pm$ 0.65	8.4 $\pm$ 0.64	6.83 $\pm$ 0.83

**Tabell 15 Fettsyresammensetning i lever i forsøkene.**

Fettsyre	Forsøk1	Forsøk 2	ANOVA	
	Gj.sn± SD	Gj.sn± SD	P-verdi	
C14:0	3,25±0,40	3,00±0,24	0,2822	NS
C14:1	0,13±0,02	0,15±0,01	0,0362	***
C15:0	0,27±0,03	0,31±0,02	0,0283	***
C16:0	12,57±0,40	13,34±0,50	0,0356	***
C16:1 n-7	4,71±0,47	5,46±0,27	0,0166	***
C16:4n-1	0,23±0,04	0,32±0,04	0,0093	***
C18:0	4,43±0,78	5,08±0,29	0,1188	NS
C18:1n-9	22,75±1,91	23,11±1,15	0,7373	NS
C18:1n-7	4,86±0,25	4,99±0,23	0,4607	NS
C18:1n-5	0,33±0,06	0,27±0,01	0,0385	***
C18:2n-6	4,33±0,19	5,47±0,10	0	***
C18:3n-3	0,98±0,09	1,37±0,05	0	***
C18:4n-3	1,57±0,17	1,94±0,09	0,0031	***
C20:1n-11	1,69±0,10	1,14±0,08	0	***
C20:1 n-9	6,80±0,52	4,56±0,22	0	***
C20:1n-7	0,18±0,01	0,15±0,01	0,0004	***
C20:2n-6	0,24±0,01	0,32±0,01	0	***
C20:4n-6	0,36±0,01	0,57±0,02	0	***
C20:3n-3	0,10±0,00	0,14±0,01	0	***
C20:4n-3	0,60±0,03	0,79±0,02	0	***
C20:5n-3 EPA	10,54±0,33	10,38±0,42	0,5663	NS
C22:1n-11	5,01±0,71	2,93±0,17	0,024	***
C22:1n-9	0,12±0,09	0,24±0,02	0,014	***
C21:5n-3	0,46±0,06	0,50±0,03	0,2986	NS
C22:5n-3	1,56±0,11	1,67±0,05	0,0958	*
C22:6n-3 DHA	11,37±0,55	11,61±0,42	0,4746	NS
C24:1	0,55±0,05	0,20±0,02	0	***

Gjennomsnitt ± standardavvik. Signifikante forskjeller når p-verdi < 0,05, NS betyr at det ikke er signifikante forskjeller mellom forsøkene.

**Tabell 16. Fettsyresammensetning i lever**

	Forsøk 1	Forsøk 2	P-verdi	
SFA	20,52±0,81	21,73±0,96	0,0624	NS
MUFA	47,14±0,95	43,20±0,99	0,0002	***
PUFA	32,34±0,57	35,06±0,84	0,0003	***
n-3 fettsyrer	27,17±0,51	28,39±0,81	0,0221	***
n-3/n-6 fettsyre- ratio	5,51±0,23	4,47±0,13	0,0000	***

Gjennomsnitt ±Standardavvik, SFA er mettede fettsyrer, MUFA er enumettede fettsyrer, PUFA er flerumettede fettsyrer, P-verdi < 0,05 viser signifikante forskjeller ved en veis variansanalyse