

**RAPPORT MA 12-04**

Grete Hansen Aas, Anlaug Ådland Hansen, Torbjørn Tobiassen, Trygg Barnung og Margareth Kjerstad

**SLAKTING OG VIDEREFOREDNING  
AV OPPDRETTSTORSK**



<b>Tittel</b>	Slakting og videreforedling av oppdrettstorsk
<b>Forfatter(e)</b>	Grete Hansen Aas <sup>1</sup> , Anlaug Ådland Hansen <sup>2</sup> , Torbjørn Tobiassen <sup>3</sup> , Trygg Barnung <sup>1</sup> og Margareth Kjerstad <sup>1</sup> . <sup>1</sup> Møreforskning Marin, <sup>2</sup> Nofima, Ås, <sup>3</sup> Nofima, Tromsø.
<b>Rapport nr.</b>	MA 12-04.
<b>Antall sider</b>	42 sider.
<b>Prosjektnummer</b>	54587
<b>Prosjektets tittel</b>	Slakting og videreforedling av oppdrettstorsk.
<b>Oppdragsgiver</b>	Vestlandsprogrammet for nye arter, v. Hordalands Fylkeskommune, Verdiskaping i kystsona. PB 7900, 5020 Bergen.
<b>Referanse oppdragsgiver</b>	200902836-39/313/Shan.
<b>ISSN</b>	0804-54380.
<b>Distribusjon</b>	Åpen.
<b>Nøkkelord</b>	Oppdrettstorsk; pakking; holdbarhet; slakting.
<b>Godkjent av</b>	Forskningsjef Agnes Gundersen.
<b>Godkjent dato</b>	31.01.2012

### Sammendrag

Prosjektet er gjennomført i perioden 2009-2012. Det er gjennomført pakkeforsøk hos Brødrene Larsen og Marine Fresh. Torskefilet er pakket med CO<sub>2</sub>-emitter i vakuum eller luft og sammenlignet med tradisjonell pakking med is. Holdbarheten har blitt kartlagt, både med tanke på sensorisk og mikrobiologisk kvalitet. I det første forsøket oppnådde torskefilet pakket i vakuum med CO<sub>2</sub>-emitter 11 dagers holdbarhet, mens kun vakuum oppnådde 8 dagers holdbarhet ved vurdering av luktutvikling. I forsøk 2 ble det oppnådd 11-15 dagers holdbarhet vurdert sensorisk og vurdert ved mikrobiologisk kvalitet når fisken ble pakket med CO<sub>2</sub>-emitter+gass+gelis, men mindre enn 8 dager holdbarhet for kontrollgruppen.

Det ble gjennomført to slakteforsøk hos Brødrene Larsen for å vurdere slakteprosessen i forhold fiskevelferd. Slakteprosessen ble fulgt visuelt *Rigor-mortis* målinger ble også utført. Målinger av pH i blod og muskel viste et fall utover i slakteprosessen, mens nivået av laktat økte. *Rigor* målingen viste at kortere tid og mindre trenging av fisken i avkast medførte lengre *pre-rigor* tid.

© Forfatter/Møreforskning Marin

Forskriftene i åndsverksloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller i 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.



# FORORD

Prosjektet er initiert og gjennomført i samarbeid med bedriftene Brødrene Larsen og Marine Fresh (Atlantic Cod Farms), Vartdal Plast, Hallvard Lerøy, Nofima Mat og Nofima Marin. Forsøkene har blitt gjennomført hos bedriftene. Tusen takk for god tilrettelegging. Spesiell takk til Per Røys og Bert Blom ved Brødrene Larsen og Bent Ulleland og Hogne Bleie hos Atlantic Cod Farms for god tilrettelegging av forsøk og oppfølging av prosjektet. Jan Endre Vartdal har fremskaffet egnet emballasje og har vært aktiv bidragsyter i forsøksarbeid. Vestlandsprogrammet har justert planene i takt med utvikling hos bedriftene, og vi takker for støtte og oppfølging.

Prosjektet har vært gjennomført som et samarbeid mellom forskningsinstitutter med faglig ansvar basert på ulike kompetanser:

- Emballering, kvalitet og holdbarhet: Nofima, Ås
- Slaktehåndtering: Nofima, Tromsø
- Kvalitet og holdbarhet, prosjektledelse: Møreforskning Marin

Ålesund 31.01.2012

Grete Hansen Aas  
Prosjektleder



# INNHOLD

---

OPPSUMMERING .....	9
SUMMARY .....	10
1 INNLEDNING.....	11
1.1 Bakgrunn .....	11
1.1.1 Slakting .....	11
1.1.2 Emballering.....	13
1.1.3 Kvalitet og holdbarhet .....	13
2 MATERIALE OG METODE .....	15
2.1 Pakkeforsøk.....	15
2.1.1 Pakkeforsøk 1: Råstoff, pakking og uttak.....	15
2.1.2 Pakkeforsøk 2: Råstoff, pakking og uttak.....	16
2.1.3 Analyser.....	17
2.1.4 Sensorisk vurdering.....	17
2.2 Slakteforsøk.....	18
2.2.1 Forsøk 1: Råstoff og gjennomføring.....	18
2.2.2 Forsøk 2: Råstoff og gjennomføring.....	18
2.2.3 Målinger .....	19
2.2.4 Statistisk analyse .....	20
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	21
3.1 Pakking.....	21
3.1.1 Resultater pakkeforsøk 1 .....	21
3.1.2 Resultater pakkeforsøk 2 .....	24
3.2 Resultater slakteforsøk .....	31
3.2.1 Forsøk 1 .....	31
3.2.2 Forsøk 2 .....	33
4 KONKLUSJON.....	35
5 REFERANSER.....	37

---





## OPPSUMMERING

Prosjektet er gjennomført i perioden 2009-2012. Det er gjennomført to pakkeforsøk – ett hos Brødrene Larsen og ett hos Marine Fresh for å undersøke holdbarheten til torskefilet ved ulike pakkemetoder. I det første forsøket ble torskefilet pakket enkeltvis med CO<sub>2</sub>-emitter i vakuum eller luft og sammenlignet med tradisjonell pakking med is. Holdbarheten ble kartlagt, både med tanke på sensorisk og mikrobiologisk kvalitet. I det første forsøket oppnådde torskefilet pakket i vakuum med CO<sub>2</sub>-emitter 11 dagers holdbarhet, mens kun vakuum oppnådde 8 dagers holdbarhet ved vurdering av luktutvikling. I det andre forsøket ble filet pakket i kasser med innerliner, fylt med enten 1) CO<sub>2</sub>-emitter + CO<sub>2</sub>-gass + gel-is, 2) CO<sub>2</sub>-emitter pluss CO<sub>2</sub>-gass, 3) CO<sub>2</sub>-emitter + luft + gelis, 4) kontroll på is. Det ble oppnådd 11-15 dagers holdbarhet vurdert sensorisk og vurdert ved mikrobiologisk kvalitet når fisken ble pakket med CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass+gelis eller luft, men mindre enn dager for kontroll-gruppen.

Det ble gjennomført to slaktforsøk hos Brødrene Larsen for å studere effekten av prosessen på råstoffet som var oppdrettstorsk hentet fra bedriftens slaktelinje. Slakteprosessen ble vurdert i forhold fiskevelferd og råstoffkvalitet. I det første forsøket ble det gjennomført målinger av pH i blod og muskel, i tillegg til laktat. I det andre forsøket ble *rigor-mortis* målinger utført. Temperaturen i fisken ble registrert gjennom hele slaktelinjen. Fiskens velferd ble vurdert visuelt. Resultatene viste at torsken ble påvirket av de ulike prosessene i slaktelinjen. Trenging av fisken i avkast, pumping og oppbevaring i luft, før bløgging uten bedøvelse resulterte i stress for fisken. Målinger av pH i blod og muskel viste et fall utover i prosessen, mens nivået av laktat økte. *Rigor* målingen viste at kortere tid og mindre trenging av fisken i avkast medførte lengre *pre-rigor* tid. I tillegg viste pumping av fisken fra avkast og inn til bløgging at fisken gikk raskere inn i *rigor-mortis*. Dette stemte godt med de visuelle vurderingene av fiskevelferden i de samme prosesstrinnene.

## SUMMARY

The project began in 2009 and lasted until 2012. Two experiments were carried out at Brødrene Larsen and Marine Fresh to test the effect of packaging on the shelf-life of cod fillets. In the first experiment, the fillets were vacuum-packed together with a CO<sub>2</sub>-emitter or just an absorbent and compared with fillet packed traditionally on ice. Shelf life was evaluated both by microbiological and sensory analysis. In this experiment, the vacuum-packed fillets with a CO<sub>2</sub>-emitter achieved a shelf life of 11 days, while fillets packed without a CO<sub>2</sub>-emitter had a shelf life of 8 days, as evaluated by the smell. In the second experiment, three variants were compared; boxes with an "innerliner" filled with either: - (1) CO<sub>2</sub>-emitter plus CO<sub>2</sub> gas plus gel-ice, (2) CO<sub>2</sub>-emitter plus CO<sub>2</sub> gas or (3) CO<sub>2</sub>-emitter plus air plus gel-ice. These were compared with a control (traditional packing with ice). A shelf-life of 11-15 days was achieved when the fillets were packed with CO<sub>2</sub>-gas or air both when they were packed with or without a CO<sub>2</sub>-emitter, as evaluated using both sensory and microbiological means. This was longer than the shelf life of the control group.

To examine how the slaughter process affected the fish fillets, two slaughtering experiments were performed at Brødrene Larsen. During the first experiment, measurement of pH and lactate in the blood and muscle was carried out. In the second experiment *rigor-mortis* measurements were carried out and the temperature during the process was measured. Fish welfare was evaluated visually. The results showed that the fish was influenced by the different processes during slaughtering. Crowding of fish in the net, pumping and keeping them out of the water in air before bleeding without anesthesia resulted in stress. The pH of the blood and muscle decreased during the slaughter process, while the lactate level increased. The *rigor*-measurement showed that shorter time and higher degree of crowding resulted in longer *pre-rigor* time. In addition, a longer duration between pumping of the fish from the net to bleeding decreased the time to *rigor mortis*. This was in accordance with the visual evaluation of the fish welfare at the same stages.

# 1 INNLEDNING

Torskeoppdrettsnæringa i Norge vokste fra år 2000, men har de tre siste årene opplevd en drastisk nedgang. Det er gjennomført store omstruktureringer. Det er kun få aktører igjen. I tillegg har kvotene for torsk økt, og prisene på oppdrettstorsk har sunket.

Erfaringene har vist at det er mange store utfordringer for å skape ei bærekraftig torskeoppdrettsnæring i Norge: høye produksjonskostnader, tidlig kjønnsmodning, dødelighet i gytasesong, og markedspriser for vill torsk (Digre 2011). I tillegg har en hatt utfordringer med dårlig yngelkvalitet og sykdom. At en har oppnådd lav pris for oppdrettstorsken kan skyldes stor tilgang til torsk, liten kjøpsvilje i markedet og at oppdretterne har solgt for liten fiskestørrelse (1-2 kg) som en «likviditetsslakting» før fisken har vært slaktemoden (Mortensen 2010). Prisen for oppdrettstorsk vil trolig ikke stige, lønnsomheten er avhengig av produktutvikling og reduksjon av produksjonskostnader. For å øke lønnsomheten er det viktig å utvikle nye produkter av høy kvalitet og utnytte hele fisken (Aas m. fl. 2011). Ferske filetprodukter er alternativer til tradisjonelle produksjon av oppdrettstorsk som sløyd, hodekappet fisk iset i kasser. Pakking i konsumentforpakninger i med modifisert atmosfære eller vakuumpakking for å øke holdbarhet kan være en mulighet for å oppnå høyere priser. Det er gjennomført og pågår fortsatt forskning rundt modifisert atmosfærepakking (MAP) av fersk fisk hos Nofima (Ås), bl.a. ved bruk av CO<sub>2</sub>-emitter. Produktutviklingen skissert i dette prosjektet har undersøkt flere alternative pakkemetoder for fersk filet av oppdrettstorsk.

## 1.1 Bakgrunn

### 1.1.1 Slakting

Det er tre hovedmåter avliving av fisk foregår på: bruk av slag, elektrisk strøm eller gass før fisken bløgges og dør av blodtapet. Kjølning av fisk har også blitt benyttet i første trinn.

I dag slaktes oppdrettstorsk oftest ved at fisken bløgges og dør av blodtapet. Dette er en ikke-optimal slaktemetode i forhold til både dyrevelferd og videre prosessering (Digre 2011).

Det første trinnet i slakteprosessen er trenging og transport til slakteri, men dette blir ikke behandlet i denne rapporten. Det er gjennomført en del forsøk i forhold til dette trinnet (Digre 2011). Ved bruk av ventemerid, får fisken roet seg litt etter transport før ny trenging og pumping. Materiale i avkastnot og trenging er viktig for ikke å påføre unødig skade. Vannkvalitet og varighet av trenging påvirker også fiskens stressnivå. Dette er et kritisk punkt for redusert fiskevelferd (Mejdell m.fl. 2009; Vitenskapskomitéen i Norge og EU).

Det er også vist at stress før slakting reduserer holdbarheten til filetprodukt av laks pakket i modifisert atmosfære, pga. økt intensitet av negative luktkomponenter og

bakterievekst (Hansen m.fl. 2012). Vurdering av atferd i denne fasen krever erfarne folk. Pumping eller håving er de to vanligste metodene som brukes fra ventemerd eller båt opp til en tank. Det har vært gjennomført forsøk hvor en har sett på hvordan trenging og pumping påvirker kvalitet og fiskevelferd (Midling m.fl. 2008). Neste trinn er en bedøvelse ved kjøling, slag eller elektrisk slag før avliving ved å kutte gjellebuene og utblødning før sløyning (Robb m.fl. 2002; Robb og Roth 2003; Roth m.fl. 2007; Digre m.fl. 2010; Digre 2011). Ulike metoder for bedøving og avliving er beskrevet av Digre (2011) hvor også elektrisk bedøvelse, AQI-S TM anestesi er beskrevet. I tillegg har Midling m.fl. (2008) evaluert strøm og slag benyttet på laks i forhold til råstoffkvalitet og dyrevelferd.

Slakting har blitt stadig mer sentralisert, og det er få slakteri for torsk i dag. Oppdrettslaks blir vanligvis avlivet og utblødd ved å kutte en eller to gjellebuer før sløyning. Forsøk som er gjennomført for å sammenligne effekten av å kutte gjellebuene for utblødning med direkte sløyning viste at det ble best kvalitet ved den første metoden (Digre m.fl. 2011c). Håndtering i denne perioden ga ikke effekter på kvaliteten etter 7 dagers lagring på is.

Forsøk har vist at den viktigste faktoren for å hindre blodflekker i laksefileter pga. dårlig utblødning er de første 12 minuttene etter avliving. Dette påvirker kvaliteten enda mer enn stress i en tidligere fase (Roth m.fl. 2005; Roth m.fl. 2009 a, b; Roth m.fl. 2010). Tidligere ble CO<sub>2</sub> løst i vann brukt som bedøving før utblødning. For å finne bedre alternativer til dette er elektrisk bedøving utprøvd. Ved tester på piggvar, med elektrisk avliving og utblødning direkte i tank med isslurry, var det slag som ga seinest pH senkning og seinest start på *rigor*, men forskjeller i kvalitet ble ikke påvist etter 7 dager (Roth m.fl. 2007). Slag mot hodet ble det optimale valget med tanke på muskelkvalitet, men elektrisk bedøving har heller ikke negative effekter på kvaliteten. Elektrisk bedøving har vist seg å innvirke på *pre-rigor* tiden, hvor denne forkortes ved bruk av strøm som bedøvelse (Midling m.fl. 2008). Ved *pre-rigor* filetering av torsk er dette viktig å ta hensyn til. Ved bruk av torskehoder til konsum-produkter, kan slag være et problem. Men oftest er hodene fra oppdrettstorsk så små at de ikke går til produksjon av kjaker, tunge og medaljonger (Aas og Kjerstad 2008).

Ved stress og muskelaktivitet før slakting produseres det store mengder melkesyre (laktat) i den hvite muskelen. Sammen med H<sup>+</sup> fra nedbrytning av ATP fører dette til lav pH i muskel. Når pH når et visst nivå vil det interferere med syntesen av ATP. En av konsekvensene med ATP mangel er at muskelcellene går inn i *rigor*, hvor muskelsegmentene – aktin og myosin myofilamentene lager irreversible bindinger og fisken blir stiv. Tilknytningen mellom aktin og myosinfilamenter er energetisk avhengig av ATP. *Rigor*utviklingen begynner i deler av fisken og gradvis inkluderes hele fisken. Det er velkjent at tiden frem til *rigor* er lenger for en uthvilt fisk enn en stresset (Robb 2001; Digre 2011). Effekten av *rigor* på fysiske egenskaper av muskelen viser at stresset fisk har større drypptap muskelspalting og mykere tekstur enn uthvilt fisk (Roth m.fl. 2006). Det tyder på at det er mer enn energi-mekanismer og *rigor* som er kilden som aktiviserer proteaser og aksellererer at muskelen blir bløt *post mortem*. Årsakene kan ligge i fysisk stress av muskelfibrillene og bindevev som en direkte følge av fysisk aktivitet i forsøket på å flykte (Roth m.fl. 2006).

### 1.1.2 Emballering

Emballasje og pakkemetode er sentral for en mest mulig optimal bevaring av kvalitet på fileten frem til konsument. Bakterievekst og dermed bakteriologisk forringelse av fiskefiletprodukter er i flere publikasjoner vist å kunne hemmes ved bruk av pakkegassen karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Modifisert atmosfærepakking (MAP), der CO<sub>2</sub> er en sentral gass, er vist å gi lengre holdbarhet enn pakking i luft og kan også gi lengre holdbarhet enn ved pakking med vakuum (fjerning av luft rundt produktet). I tillegg er det vist at pakkegass for torsk også bør inneholde høye nivåer av oksygen (40-60 % O<sub>2</sub>, Hansen m.fl. 2007; Hansen m.fl. 2009a; Sivertsvik 2007), da torskefilet i større grad enn for eksempel laks, inneholder trimetyl-aminoksid (TMAO) som enzymatisk brytes ned av bakterier til den negative smaks-komponenten trimetylamin (TMA). Effekten av CO<sub>2</sub> kan brukes som tradisjonell MAP, men med et gassvolum som er 2-3 ganger større enn produktvolumet, for å gi optimal effekt. Alternativt kan MAP kombineres med en CO<sub>2</sub>-emitter (utvikler CO<sub>2</sub> etter forsegling av pakning, (Hansen et al., 2009b) som da gir muligheten til redusert gassvolum og en mer transporteffektiv forpakning. Det er vist at MAP-pakket oppdrettstorsk med CO<sub>2</sub>-emitter hemmer bakterieveksten like godt eller bedre enn det tradisjonelt MAP med høyere gassvolum, og begge MAP-metodene gav bedre holdbarhet enn den vakuumpakkede torsken. Endring av atmosfære rundt produktet påvirker også dannelsen av TMA ved lagring, som var høyere ved vakuumpakking sammenlignet med MAP pga. bakteriehemmede effekt av CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> (Hansen m.fl. 2007).

MAP kan brukes både som distribusjonsforpakning og som forbrukerpakning, både ved bruk av skålpakkemaskin og en dyptrekker pakkemaskin. Oppnåelig holdbarhet ved denne typen forpakning varierer med råstoffkvalitet og temperatur (kjernetemperatur, lagrings-temperatur). Initielt bakterienivå bør ved pakketidspunktet ligge på maks. ca. 100 bakterier pr gram produkt (Log 2 cfu/g). Samtidig er det vist at fisk bør lagres nærmest mulig 0 °C, da lagring ved 4 °C kan gi halvert holdbarhet sammenlignet med lagring ved 0 °C (ved ellers like betingelser). Dvs. at tilførsel av CO<sub>2</sub> alene ikke er nok til å oppnå holdbarhetsforlengende effekt. Realistisk holdbarhet for fersk torsk er på ca. 10 dager ved kjølelagring, men er altså avhengig av mikrobiell kvalitet, kjøletemperatur og emballeringsmetode.

### 1.1.3 Kvalitet og holdbarhet

Aktuelle kvalitetsanalyser for å vurdere holdbarhet og kvalitet av torsk er sensorisk vurdering, produksjon av TMA, totalt antall bakterier, i tillegg til mer spesifikke bakterier som H<sub>2</sub>S-produserende bakterier, *Pseudomonas* bakterier, og *Photobacterium phosphoreum*. I et forsøk med lagring på is og fryselagring kombinert med MAP-pakking (60 % CO<sub>2</sub> og 40 % N<sub>2</sub>) har vist at frysing kan potensielt inaktivere *Photobacterium phosphoreum* (Bøknes m.fl. 2010).

Torsk som emballeres med høy- O<sub>2</sub> i pakkegassen viser redusert forekomst av TMA (Hansen m.fl. 2007, Debevere og Boskou 1996), og kan også virke bakterielt hemmende (Hansen m.fl. 2007), og dermed bidra til økt holdbarhet. Fiskelukt som

utvikles under islagring skyldes i stor grad nedbrytning av TMAO til trimetylamin (TMA). Innhold av TMA brukes i Norge som en ferskhetsindikator, og grenseverdien er satt til 5 mg TMA-N/ 100 g i ferske produkter fra mager fisk som torsk. Herland (2009) fant lavere verdier av TMAO og TMA i oppdrettstorsk enn i villtorsk, noe som sannsynligvis skyldes forskjellige dietter. Herland antyder at TMA ikke er et godt ferskhetsmål pga. kjønnsforskjeller og sesongvariasjoner. Vi har likevel valgt å inkludere dette i vår studie. Tidligere studie av oppdrettstorsk, viser forskjeller i TMA-nivåer mellom ulike emballeringsmetoder (Hansen m.fl. 2007). Samtidig vil TMA-nivået kunne variere avhengig av typen bakterieflora som finnes på produktet (noen bakterier omdanner TMAO til TMA, noen gjør det ikke), samt råstoffstatus.

Rapporten er kort oppsummert de viktigste resultatene fra forsøkene som er utført. Det foreligger også tre delrapporter i presentasjonsform som kan fås ved henvendelse til prosjektleder.

- Delrapport 1: Beskrivelse av slakteprosessen for å evaluere forbedringspotensialer innenfor slakting av oppdrettstorsk.
- Delrapport 2: Pakking av fileten i vakuum med og uten CO<sub>2</sub> emitter (300 gram pr pakning).
- Delrapport 3: Emballering av fileten i MAP med CO<sub>2</sub> emitter og gelis i ulike pakningsstørrelser.

## 2 MATERIALE OG METODE

### 2.1 Pakkeforsøk

Det er gjennomført to slakteforsøk og to pakkeforsøk.

#### 2.1.1 Pakkeforsøk 1: Råstoff, pakking og uttak

Holdbarhet og kvalitet av *pre-rigor* torskfilet pakket med vakuum og CO<sub>2</sub>-emitter. Torskfileter ble pakket i vakuum med og uten CO<sub>2</sub> emitter og sammenlignet med is-lagret filet (se figur 1 og 2). Forsøket ble gjennomført i desember 2010 hos Brødrene Larsen, Bremanger.



Figur 1. Absorbent og fisk klar til pakking.



Figur 2: Plassering av emitter under fisken.

Råstoffet var torsk fra Selje Marin Fisk med gjennomsnittlig rundvekt på 2,2 kg. Filetstørrelsen var ca. 450 g, men ble skjært til fileter på ca. 300 g. Temperaturen i fileten var 2,1 °C ved pakking.

Filetene ble pakket ved bruk av dyptrekker, med tre ulike emballeringsmetoder:

- 1) Vakuum og absorbent.
- 2) Vakuum og CO<sub>2</sub>-emitter.
- 3) Kontroll – filet på is.

Trimming av filet og singelpakking av filetene foregikk hos Norway Pelagic sitt anlegg i Kalvåg.

Vakuumpakkene ble lagret på kjølerom ved 3 °C, mens kontrollen ble lagret på is. Det ble gjennomført uttak etter 1, 4, 8, 11, 14 og 17 dagers lagring. CO<sub>2</sub>-emittere som ble brukt både i pakkeforsøk 1 og 2 ble laget av Nofima (Ås), i samarbeid med Vartdal Plastindustri.

### 2.1.2 Pakkeforsøk 2: Råstoff, pakking og uttak

Holdbarhet og kvalitet av *pre-rigor* torskfilet pakket i EPS-kasser med CO<sub>2</sub> gass.

Råstoffet var torsk slaktet hos Marine Fresh (Atlantic Cod Farms). Filetstørrelsen var ca.

450 g. Ved pakking hadde filetene en temperatur på 2,1 °C.

Det ble gjennomført uttak dag 1, 3, 8, 11, 14, 17.

Filetene ble pakket i fire varianter:

- 1) CO<sub>2</sub>-emitter + CO<sub>2</sub> gass (80% CO<sub>2</sub>, 20% O<sub>2</sub>) + gel-is.
- 2) CO<sub>2</sub>-emitter + CO<sub>2</sub>-gass.
- 3) Luft + CO<sub>2</sub>-emitter + gel-is.
- 4) Kontroll: fileter (singelpakket i plastposer) i kasse med is.

Torskfilet ble pakket i spesialtilpassete kasser med CO<sub>2</sub> emitter, med og uten gelis, samt luft og sammenlignet med is-pakket filet. Forsøket ble gjennomført hos Atlantic Cod Farms slakteri, Ålesund, i januar 2011. Det ble benyttet EPS-kasser, produsert av Vartdal Plast. Kassene hadde en «innerliner» + overfilm for å sikre en gasstett kasse. Kassevolumet var ca. 5 liter, og det ble pakket 2,4-2,6 kg filet i hver kasse. Sveising av overfilmen ble gjort manuelt med sveiselim og strykejern (Se figur 3 og 4).



Figur 3. Kasse med «innerliner».



Figur 4. Sveising av kasse.

Pakkene ble lagret ved 1 °C og prøveuttak ble gjennomført dag 4, 7, 11, 15 (alle varianter) og 18 dager (variant 1).



### 2.1.3 Analyser

I forsøk 1 ble det foretatt mikrobiologiske analyser; H<sub>2</sub>S-produserende bakterier og totalt antall bakterier (kimtall). Det ble foretatt vektmålinger av fileten, emballasje og emitter/absorbent. Sensorisk vurdering ble foretatt av et panel på tre erfarne forskere som vurderte lukt, utseende, farge, spalting, harskhet, konsistens. Det ble også gjort en total sensorisk vurdering.

I forsøk 2 ble det i tillegg analysert for *Pseudomonas* bakterier og melkesyrebakterier, pH i muskel, og gassnivå (CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub>) i pakning, samt flyktige komponenter som trimethylamin (TMA) ved hjelp av dynamic headspace GC-MS.

Analysene i forsøk 1 ble gjort hos Møreforskning, mens analysene i forsøk 2 ble utført av Nofima, Ås.

### 2.1.4 Sensorisk vurdering

Sensoriske parameter som utseende, lukt, konsistens, harskhet, spalting og farge ble vurdert ved hvert uttak i lagringsforsøk 2. Fisken ble vurdert av et panel bestående av forskere/ingeniører med fiskeerfaring. En benyttet en skala fra 1 – 9 (9: best, 1: dårligst).

Tabell 1. Oversikt over sensorisk skala og egenskaper.

Utseende		Lukt		Konsistens		Spalting		Farge		Harskhet	
9	Tørr blank naturlig overflate	9	Frisk lukt av sjø, blodfersk	9	Fast naturlig konsistens	9	Ingen spalting	9	Fileten har naturlig farge	9	Ingen harskhet
6-4	Har parti der overflaten er oppløst	7	Nøytral	7	Fileten er litt bløt	7	Begynnende spalting	7			
3-1	Overflata er mye oppløst	6-4	Fiskelukt	6-4	Fileten er bløt	6-4	Noe spalting, løs fileten	6-4	Fileten har melkehvit farge		
		3-1	Ammoniak, sur	3-1	Fileten er svært bløt	3-1	Mye spalting, usammenhengende	3-1	Fileten har gråaktig eller rødlig farge		

## 2.2 Slakteforsøk

Det er gjennomført to forsøk hos Brødrene Larsen. Råstoffet var oppdrettstorsk hentet fra bedriftens slaktelinje.

Hvordan fisken trenges er av viktig betydning for kvalitet og fiskens velferd (Se figur 5). Slaktelinjen til Brødrene Larsen har en ventemerd, hvor det tas avkast for å samle fisken slik at den kan pumpes inn til en silekasse. Fisken går derfra inn til et oppbevaringskar som ikke inneholder vann, noe som medfører at fisken ligger tørt. Torsken ligger der til den har roet seg ned, deretter bløgges den uten bedøvelse. Torsken overføres så til utblødningstanken, hvor den så dør av blodtapet.



Figur 5. Torsken i avkastnoten før den blir pumpet inn på slakteriet.

### 2.2.1 Forsøk 1: Råstoff og gjennomføring

I forsøk 1 ble slakteprosessen vurdert i forhold fiskevelferd og råstoffkvalitet. Torsken ble hentet ut av slaktelinjen på forskjellige steder. Det ble tatt blodprøver og gjort målinger i muskelen hos torsken ved fire forskjellige punkter i prosessen (n=3):

- 1) Ustresset og stresset fisk i merd.
- 2) I avkastnot, under trenging.
- 3) Etter pumping, men før bløgging.
- 4) Under pakking (Ikke pH blod).

Torsken ble tatt ut fra slakteprosessen og umiddelbart avlivet med slag i hodet.

### 2.2.2 Forsøk 2: Råstoff og gjennomføring

Fisk fra White Ocean og Norsk Marin fisk ble slaktet og inngikk i dette forsøket. I dette forsøket ble *rigor-mortis* målinger gjennomført.

Fire grupper av fisk ble tatt ut til måling:

- Gruppe 1: Avkast i ventemerde: De første fiskene (1-10) ble håvet fra avkastet i ventemerden mot slutten av avkastet. Fiskene var veldig trengt og stresset.
- Gruppe 2: Før bløgging: Fisk 11-20 var fra samme parti som gruppe 1. Prøvene ble tatt ved bløggestasjonen, etter at den var gått gjennom pumping og silekasse. Fiskene var fra et parti på 10 tonn.
- Gruppe 3: Avkast i ventemerde: Fisk 21-30 ble tatt fra avkastet i en ny ventemerde 1 time seinere. Fiskene hadde ikke stått lenge i avkastet og var rolig og sannsynligvis lite stresset.
- Gruppe 4: Før bløgging: De siste 10 (31-40) ble tatt ved bløggestasjonen, etter at den var gått gjennom pumping og silekasse. Fiskene var fra et parti på 4 tonn.

*Rigor-mortis* ble målt 4 ganger i løpet av 15-16 timer på alle gruppene av fisk.

### 2.2.3 Målinger

Måling og vurdering av stressnivå i ulike deler av slaktelinjen ble gjennomført ved visuell bedømming og ved måling av laktat og pH i muskel og blod, samt *Rigor-mortis* målinger for å se hvor fort fisken gikk i *rigor*. Kritiske kontrollpunkt ble kartlagt i hele slaktelinjen, og temperatur ble målt fra avliving til ferdig pakket fisk. Måling av pH i muskel ble utført på samme måte som beskrevet av Kristoffersen m.fl. (2006). En håndholdt elektrode ble ført inn i muskel på ryggen, etter at det var utført et snitt. Dette ble gjort umiddelbart etter avliving.

Blodprøvene ble tatt ved hjertesekken ved hjelp av et kutt bak gjellene og pH i blod ble målt samme sted. pH i muskel ble målt ved å kutte et snitt i skinnet og muskelen på torsken foran ryggfinnen. Temperatur ble registrert gjennom hele slaktelinjen.

*Rigor* ble målt ved «tail drop» ved at halve fiskens lengde holdes ut over en bordkant og avbøyningen måles i grader (Se figur 6). Når fisken er helt slapp får den verdien 0, når den er i full *rigor* får den verdien 90.



Figur 6. Illustrasjon av målinger av *rigor mortis* på laks.

#### 2.2.4 Statistisk analyse

Det er benyttet variansanalyse og multivariat analyse ved hjelp av programpakkene Stata og Unscrambler på resultatene fra pakkeforsøkene (Stata 2009, The Unscrambler® X").

### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

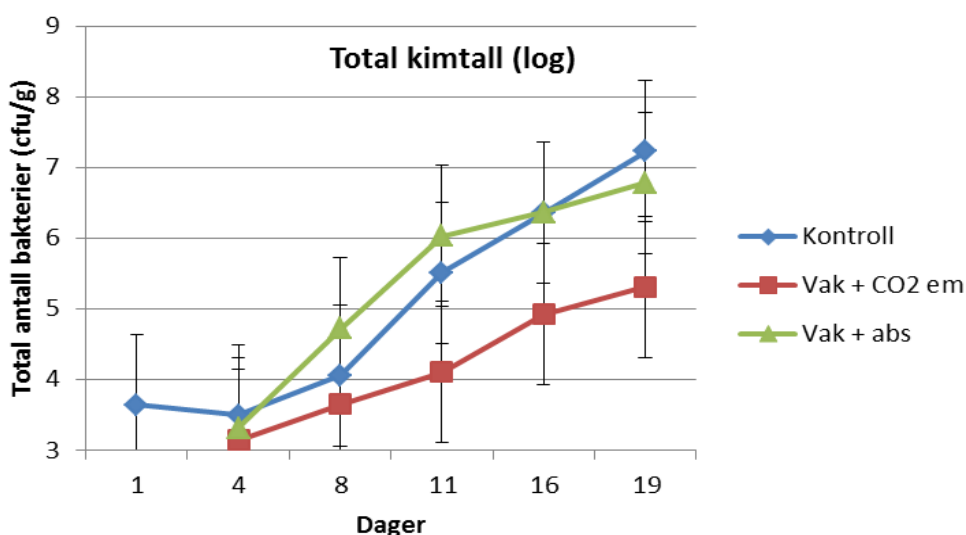
De viktigste resultatene blir presentert og diskutert under.

#### 3.1 Pakking

##### 3.1.1 Resultater pakkeforsøk 1

###### Mikrobiologisk status

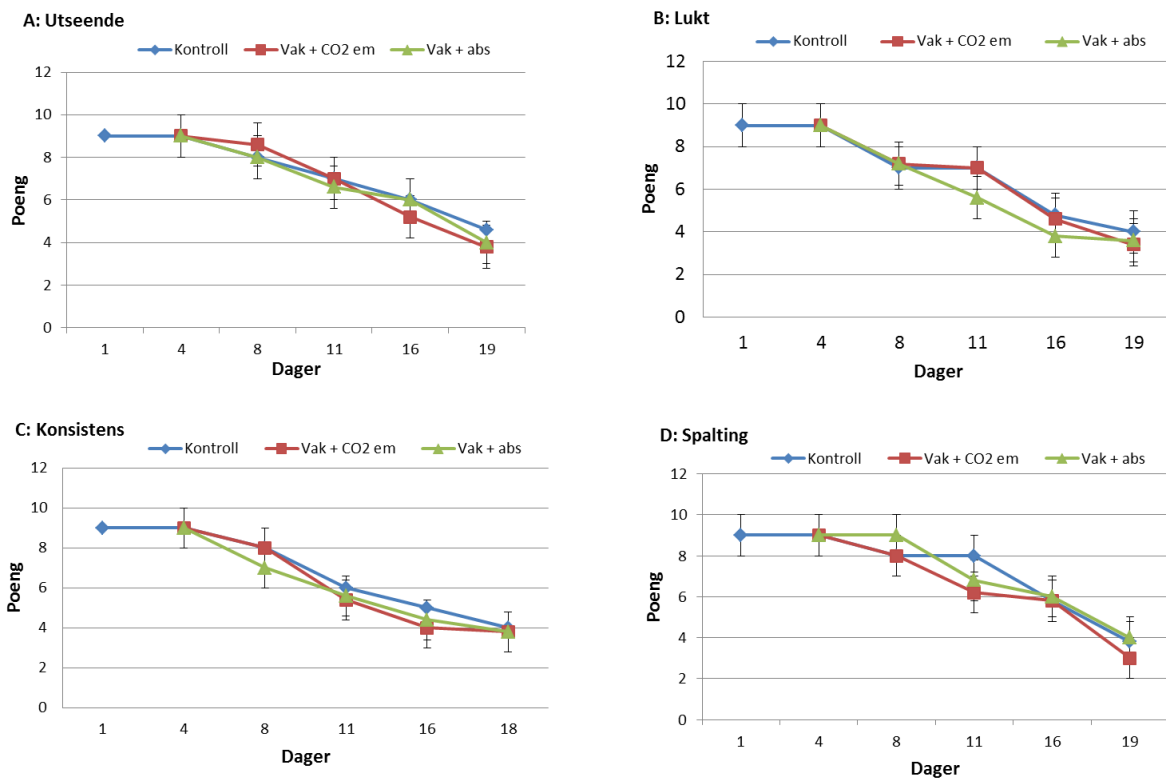
Mikrobiologisk kvalitet er det viktigste holdbarhetskriterium, og begrenser tiden produktene kan omsettes. I figur 7 ses tydelig hemming av bakterievekst ved bruk av CO<sub>2</sub>-emitter ved 3 °C lagring, sammenlignet med standard vakuumpakking (3 °C) og luftlagring på is (kontroll).



Figur 7. Totalt antall bakterier (log cfu/g) ved kjølelagring (vakuumpakking med CO<sub>2</sub>-emitter eller med absorberende ved 3 °C, Kontroll lagret på is).

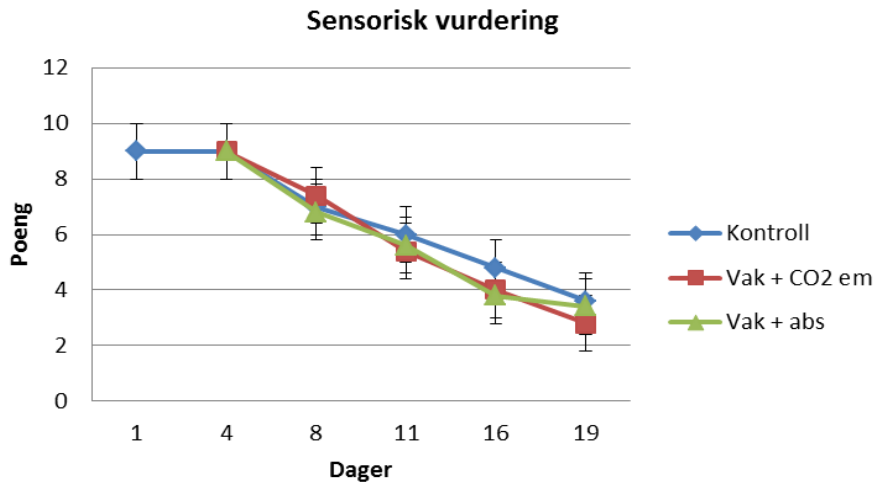
Grensen for konsum går ved 5 på skalaen for sensorisk vurdering. I dette forsøket ble de vakuumpakkede produktene lagret ved 4 °C, mens kontrollen ble lagret på 0 °C. Likevel kommer kontrollen dårligere ut. Hvis de vakuumpakkede produktene hadde blitt lagret ved lavere temperatur, ville holdbarheten økt og forskjellen fra kontrollgruppen blitt større.

## Sensorisk vurdering



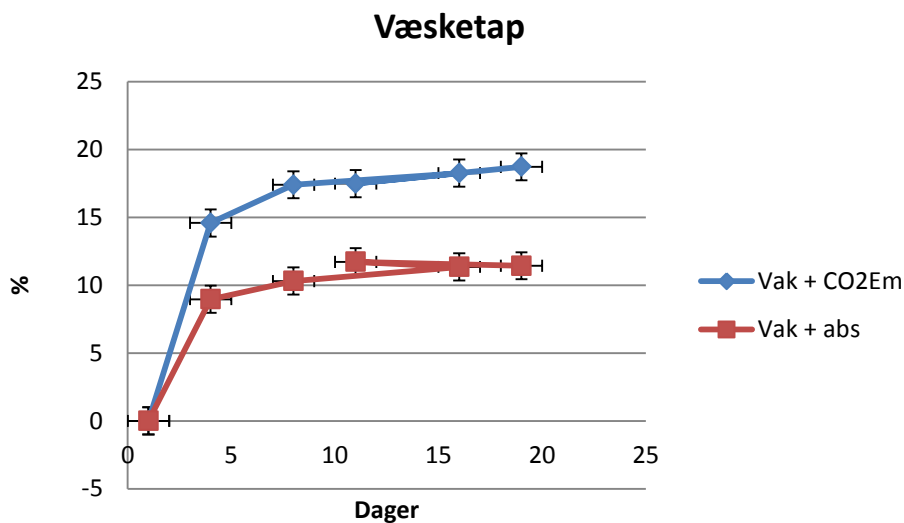
**Figur 8. Vurdering av sensoriske egenskaper under lagringsforsøket (A: Utseende, B: Lukt, C: Konsistens, D: Spalting).**

I figur 8 ser vi at samtlige parametere var stabile fra pakking og til 4 dagers lagring. Mellom dag 4 og 8 reduseres kvaliteten, og spesielt på lukt var den egenskapen som først reduserte kvaliteten. Ved kjølelagring viste det antydning til større grad av negativ lukt for prøver pakket med vakuum, sammenlignet med både de to andre variantene (vakuum + CO<sub>2</sub>-emitter ved 3 °C og luftpakking m/is), men det var ingen signifikante forskjeller (figur 8). Spalting økte mest dag 11, kanskje som følge av vakuumeringen. Konsistensen ble dårligere for alle tre variantene utover lagringsperioden.



**Figur 9. Totalvurdering av sensorisk kvalitet.**

Ved en total sammenligning av alle de sensoriske parametere, fant vi ikke store forskjeller. De tre variantene fulgte det samme mønsteret.



**Figur 10. Væsketap under lagring.**

Det var store forskjeller i væsketap i de to variantene. Vi registrerte ikke vekta på kontrollfileten, så resultatene kan ikke vurderes i forhold til lagring på is. Det er sannsynlig at vakuumeringen er årsaken til det store væsketapet. Det er vanskelig å forklare hvorfor CO<sub>2</sub>-emitteren ser ut til å gi større væsketap enn pakking med absorbent, men kan potensielt være pga. redusert pH.

#### **Oppsummering forsøk 1:**

Etter 8 dagers lagring hadde sannsynligvis vakuumpakkede prøver passert grensa for god kvalitet. Det ser ut til at lagring på is, og vakuumpakking med CO<sub>2</sub>-emitter, selv ved 3 °C lagring, gir lengre holdbarhet, ca. 8-11 dager. Men for alle pakningsvariantene

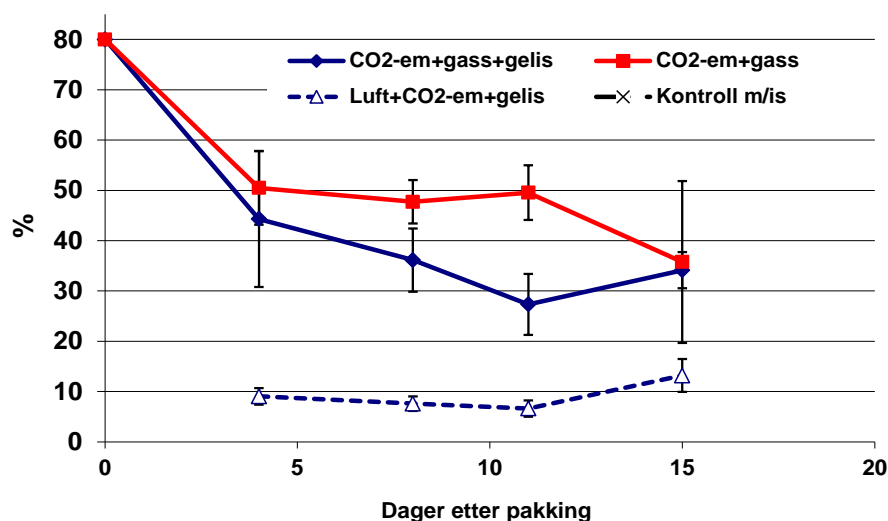
skjedde det en endring av lukt (økning av negativ lukt) etter 4 dagers lagring. Denne forholdvis tidlige endringen kan skyldes relativt høyt startnivå av bakterier.

Den totale sensoriske vurderingen (figur 8), viser en jevn reduksjon av kvaliteten for alle tre pakningsvariantene etter 4 dagers kjølelagring (lagring med is og 3 °C). Kvaliteten basert på vurdering av lukt, viser lagringsevne på 11 dager for CO<sub>2</sub>-emitter og kontroll, mens kun 8 dager for vakuum.

### 3.1.2 Resultater pakkeforsøk 2

#### *Gassnivå i pakning*

Flere av kassene hadde lekkasje og gikk ut av forsøket. Pakningsmetoden Luft + CO<sub>2</sub>-emitter + gelis hadde lavt nivå av CO<sub>2</sub> pga. tilførselen av CO<sub>2</sub> var kun gjennom CO<sub>2</sub>-emitteren, som i dette tilfellet viste seg å avgi for lav mengde CO<sub>2</sub>. De to andre variantene hadde et startnivå på ca. 80 % CO<sub>2</sub> (Figur 11). Det var forventet likt CO<sub>2</sub> nivå for disse to variantene, men det ble ikke målt. En reduksjon ned til ca. 20 % CO<sub>2</sub> kan tyde på lekkasje. Samtidig vil absorpsjonen av CO<sub>2</sub> i fiskemuskel øke ved redusert kjøletemperatur (her: bruk av gelis) og dermed potensielt også bidra til reduksjon av CO<sub>2</sub> i headspace (volumet med gass rundt filetene). I en automatisk pakkelinje med egnet pakkemaskin, vil lekkasjer sannsynligvis være lavere (fraværende). I forsøket måtte vi gjøre forsegling av overfilmen manuelt, noe som kunne resultere dårlig sveising.

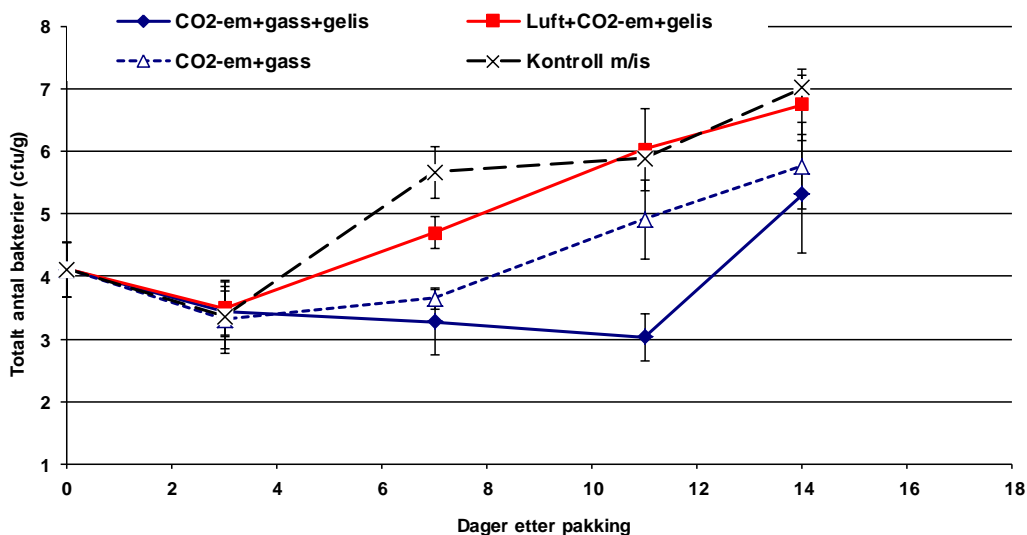


Figur 11. Innhold av CO<sub>2</sub> i pakningene.



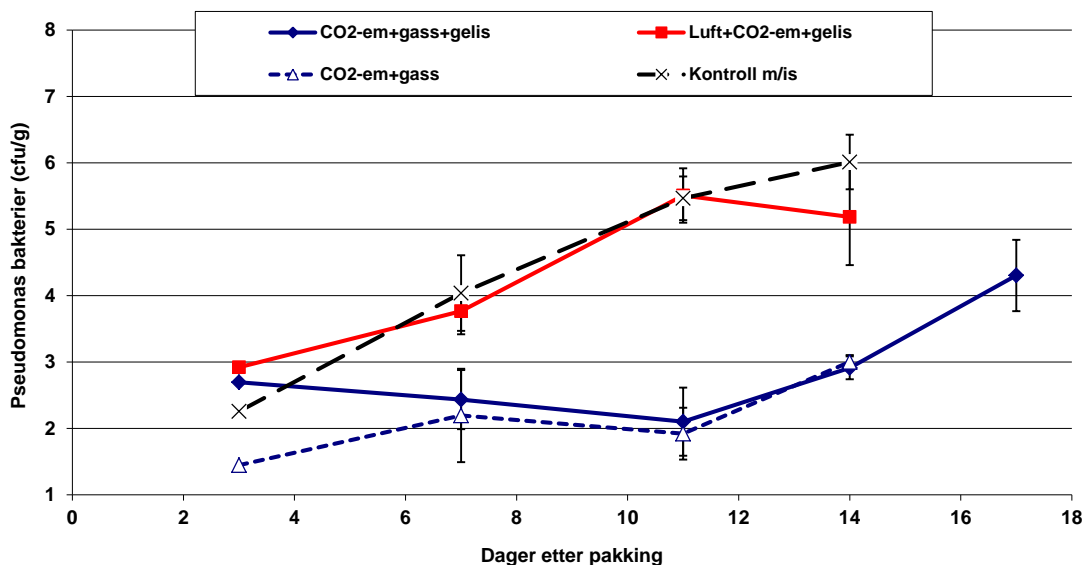
### Mikrobiologisk status

Det ble observert lavest totalt antall bakterier for CO<sub>2</sub>-emitter + CO<sub>2</sub>-gass + gel-is (Figur 12). For denne pakkemetoden holdt bakterietallet seg ganske stabilt frem til 11 dagers lagring, mens for CO<sub>2</sub>-emitter + CO<sub>2</sub>-gass hadde en økning etter 7 dagers lagring. Bakterienivået var likt mellom de ulike variantene etter 7 dagers lagring (Kontroll m/is), 11 dagers lagring (luft + CO<sub>2</sub>-emitter + gelis) og etter ca. 14 dagers lagring (CO<sub>2</sub>-emitter + gass, CO<sub>2</sub>-emitter + gass + gelis).



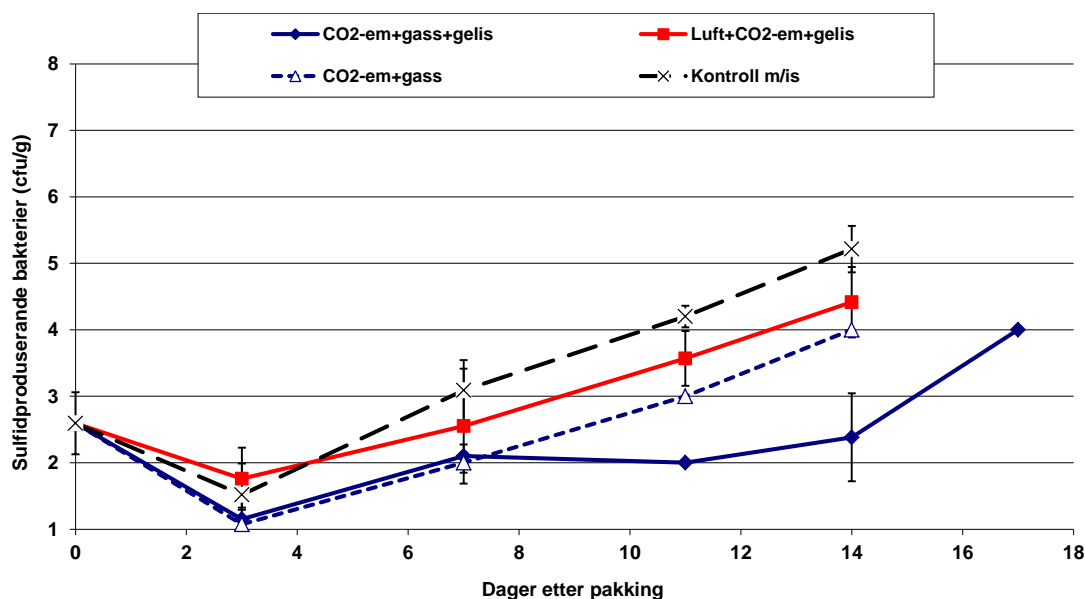
Figur 12. Mikrobiologiske analyser, totalt antall bakterier.

Totalt antall bakterier var lavest for CO<sub>2</sub>-em+gass+gelis. økt bakteriehemming hadde også CO<sub>2</sub>-em+gass, sammenlignet med både Luft+CO<sub>2</sub>-em og Kontroll m/is. Dette viser effekt av CO<sub>2</sub>-gass, der dette nivået er størst, samt forsterkende effekt ved tilførsel av ekstra kjøling.



Figur 13. Vekst av *Pseudomonas* bakterier ved lagring av de ulike pakkemetodene.

*Pseudomonas*-bakterier var den mikrobiologiske analysen som viste størst forskjell mellom pakkemetodene med høyt nivå av CO<sub>2</sub>, og de med lavt/ingen tilførsel av CO<sub>2</sub> (figur 13). Det er sannsynlig at det var denne gruppen av bakterier som i størst grad begrenset holdbarheten.

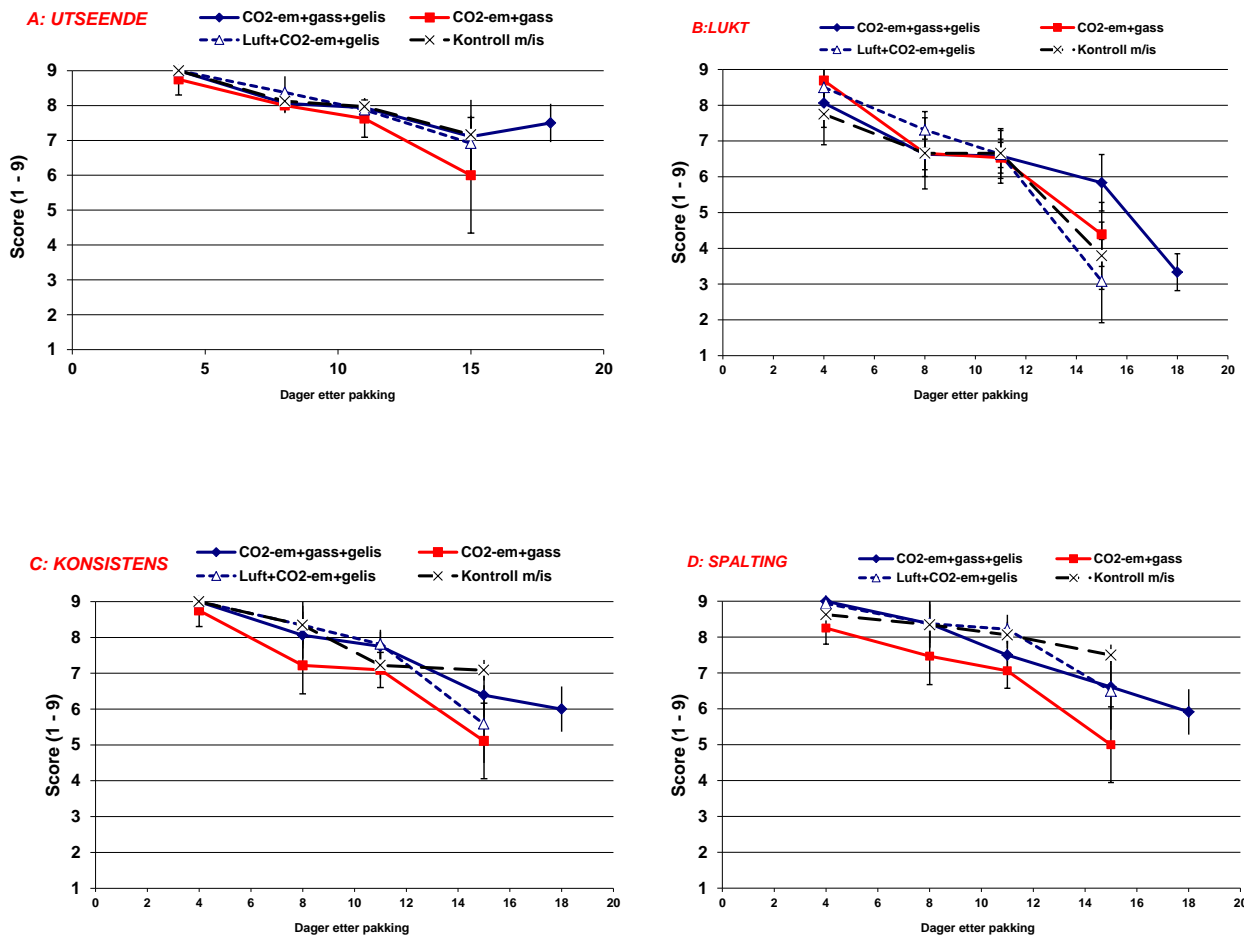


Figur 14. Vekst av sulfidproduserende bakterier ved lagring av de ulike pakkemetodene.

Det ble påvist H<sub>2</sub>S-produserende bakterier på alle de fire pakkingsvariantene, men nivået for CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass+gelis var lavest (log 2 frem til 14 dagers lagring), mens log 4-5 for de andre variantene ved samme tidspunkt (Figur 12). Sulfidproduserende bakterier er generelt følsomme for CO<sub>2</sub>-gassen, samt at redusert kjøletemperatur forsterker denne effekten. Dette resulterer i bedre bevaring av kvaliteten målt ved denne bakterietypen (tilsvarende som for *Pseudomonas*, se over).

Det var lavest vekt av sulfidproduserende bakterier når filetene ble pakket med CO<sub>2</sub>-emitter, gass og gelis.

## Sensorisk vurdering



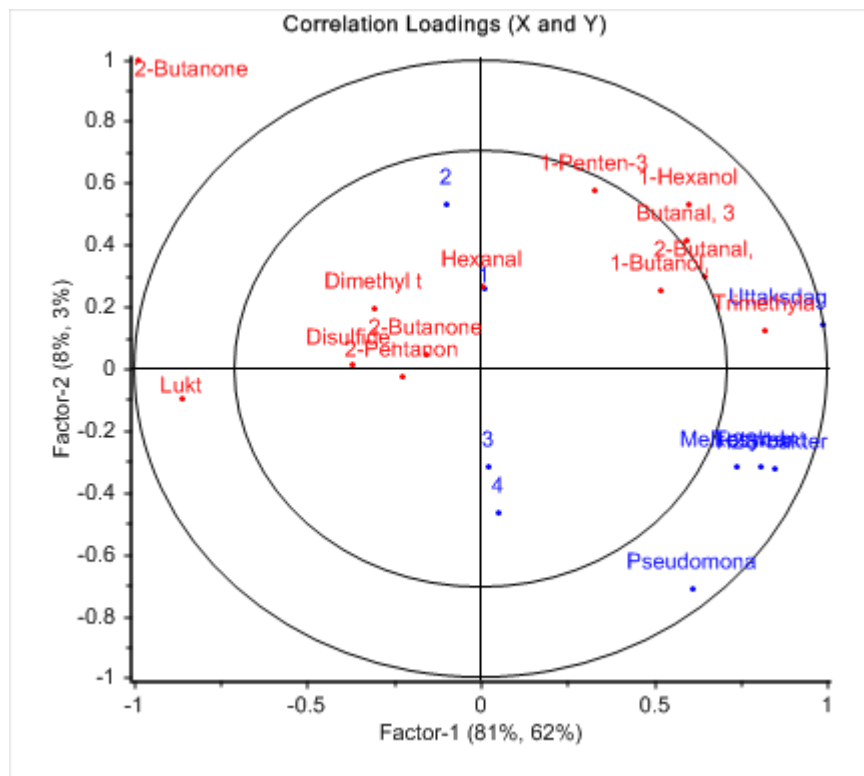
Figur 15. Vurdering av sensoriske egenskaper under lagringsforsøket (A: utseende, B: Lukt, C: Konsistens, D: Spalting). Skala 9: best, 1: dårligst.

Lukt var den parameteren som først passerte grensen for konsum (<7). Basert på vurdering av lukt, hadde CO<sub>2</sub>-emitter+ CO<sub>2</sub>-gass+gelis ca. 4 dager lengre holdbarhet enn de tre andre pakkemetodene (Figur 15). Score <6: negativ fiskelukt. Det var individuelle variasjoner innen de ulike pakkingsvariantene.

### Væsketap

Det var en økning i væsketap utover lagringsperioden. Det var tendens til høyere væsketap for variantene med størst nivå av CO<sub>2</sub>-gass i pakningen, men uten at dette utgjorde signifikante forskjeller (bortsett fra dag 8, der Kontrollen hadde lavest nivå).

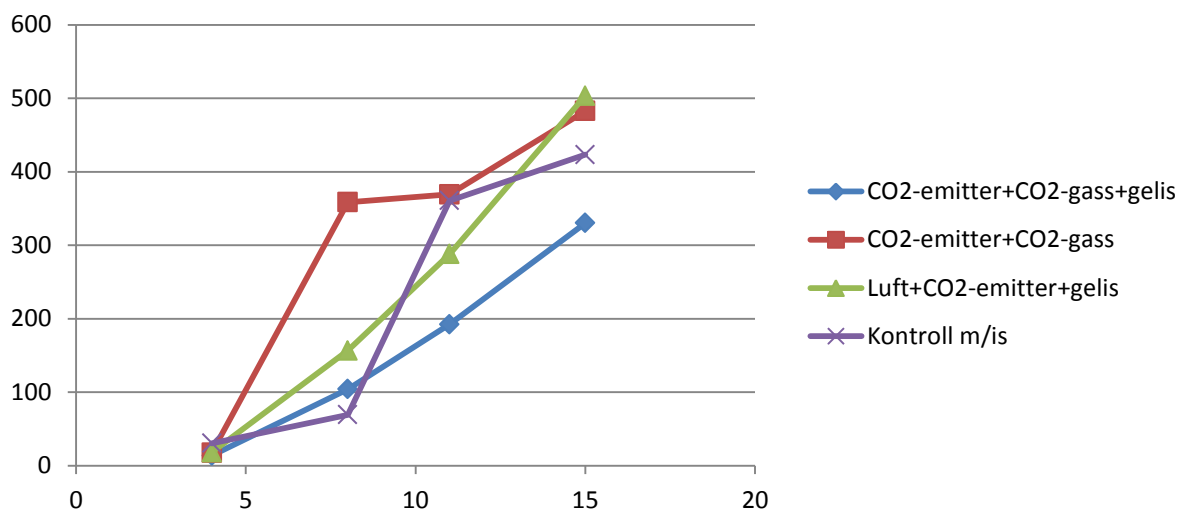
Det er ingen forskjeller i pH nivå, som kunne bidra til å forklare tendensen til ulikt væsketap. pH verdien for Kontrollen var lik CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass+gelis.



Figur 16. PLS plot over sammenhengen mellom flyktige komponenter (deriblant trimetylamin, TMA), bakterier og lukt.

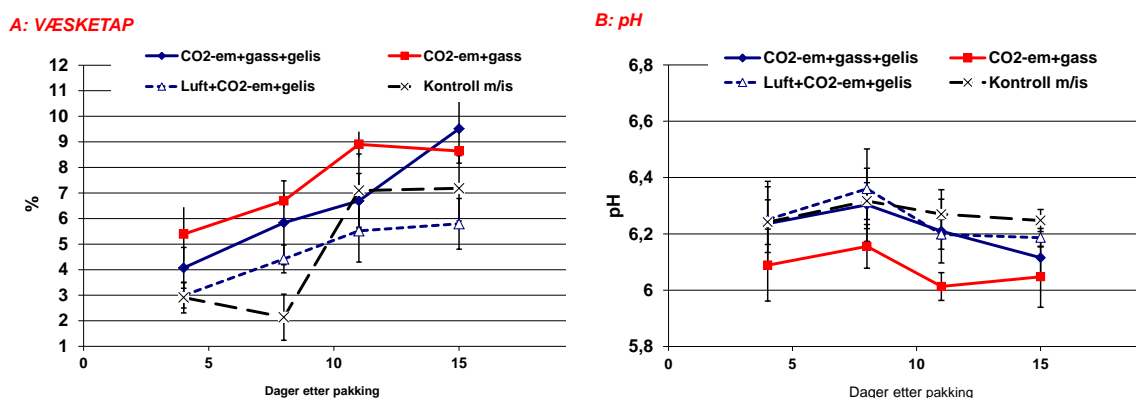
Figur 16 viser at høy intensitet av lukt samsvarer med høyt innhold av næringsmiddel-ødeleggende bakterier og enkelte flyktige komponenter. Økt forekomst av negativ lukt samsvarte med økt forekomst av *Pseudomonas* bakterier, H<sub>2</sub>S-bakterier og melkesyrebakterier, som det var tydeligst for pakningsvarianter Luft+CO<sub>2</sub>-emitter+gelis og Kontroll (henholdsvis nr. 3 og 4, i figur 16). Flyktige komponenter som Dimethyl trisulfid og dimethyl disulfid viste lite samsvar med negativ lukt-utvikling. Dette er derimot vist i forsøk med villfanget MAP-pakket torsk (pers.med. A Å.Hansen).

For komponentene 3-methyl-1-butanol og 3-methyl-butanal var det først etter 15 dagers lagring at disse fikk en kraftig økning, men med store individuelle variasjoner. For TMA var det en mer gradvis økning utover lagringsperioden, med signifikant forskjell mellom pakkemetode CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass og CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass+gelis, der førstnevnte hadde høyest verdier. Dette var ikke som forventet, men kan forklares med ulik forekomst av bakterieflora, som vil være en hovedårsak for dannelsen av TMA fra TMAO. Mer spesifikk analyse av bakterieflora ble ikke foretatt i dette forsøket. Men tidligere studie av oppdrettstorsk viser at økt nivå av TMA samsvarte med høyt nivå av bakterien *Photobacterium phosphoreum* (Hansen m.fl., 2007).



Figur 17. Forekomst av trimetylamin (TMA, ng/g) utover lagringsperioden.

Det var størst økning i TMA i varianten med CO<sub>2</sub>-emitter og CO<sub>2</sub>-gass, mens den varianten som benyttet gelis oppnådde best og lavest verdier. Gelis i denne varianten har ført til lavest temperatur og den har gitt mindre kvalitetsreduksjon enn andre, men er også den dyreste pakningsmetoden.



Figur 18. Væsketap og forandringer i pH gjennom lagringsforsøket.

Det var gradvis økning i væsketap for alle variantene. Ved dag 8 var det høyere væsketap for CO<sub>2</sub>-em + gass og CO<sub>2</sub>-em + gass + gelis enn for kontroll. Dag 11 ble det ikke funnet lignende forskjeller (figur 18).

Av andre sensoriske egenskaper enn lukt, viste vurderingen av konsistens (ved trykking av finger mot filetmuskel)

Gradvis reduksjon av konsistens (mer bløt konsistens) for alle variantene over tid ble vist, dvs. mykere tekstur. Konsistens ser ut til å være den faktoren som begrenser

lagringsevnen til ca. 11 dager også for CO<sub>2</sub>-emitter + gass + gel-is. Dette er også vist på laks (Hansen m.fl. 2009a).

**Oppsummering forsøk 2:**

CO<sub>2</sub>-emitter og CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-gass + gelis bevarer den mikrobiologiske kvaliteten bedre enn de andre pakningsvariantene som ble testet. Dette støtter opp under tidligere tester gjennomført ved tilsvarende emballering, som viser at lav temperatur kan være like viktig faktor som nivå av CO<sub>2</sub>. Ved en senere uttesting av tilsvarende kasse, kan det brukes CO<sub>2</sub>-emitter med større kapasitet for CO<sub>2</sub>-utvikling.

Kvaliteten basert på vurdering av lukt, viser lagringsevne på mellom 11 og 15 dager for CO<sub>2</sub>-emitter + gass + gelis, og 8-11 dager for de andre.

Bruk av både CO<sub>2</sub>-gass kombinert med gel-is ser ut til å hemme sulfidproduserende bakterier og *Pseudomonas* bakterier bedre enn de andre variantene. Nivået av *Pseudomonas* var tydelig redusert ved bruk av høye nivåer av CO<sub>2</sub> (både CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass+gelis og CO<sub>2</sub>-emitter+CO<sub>2</sub>-gass).

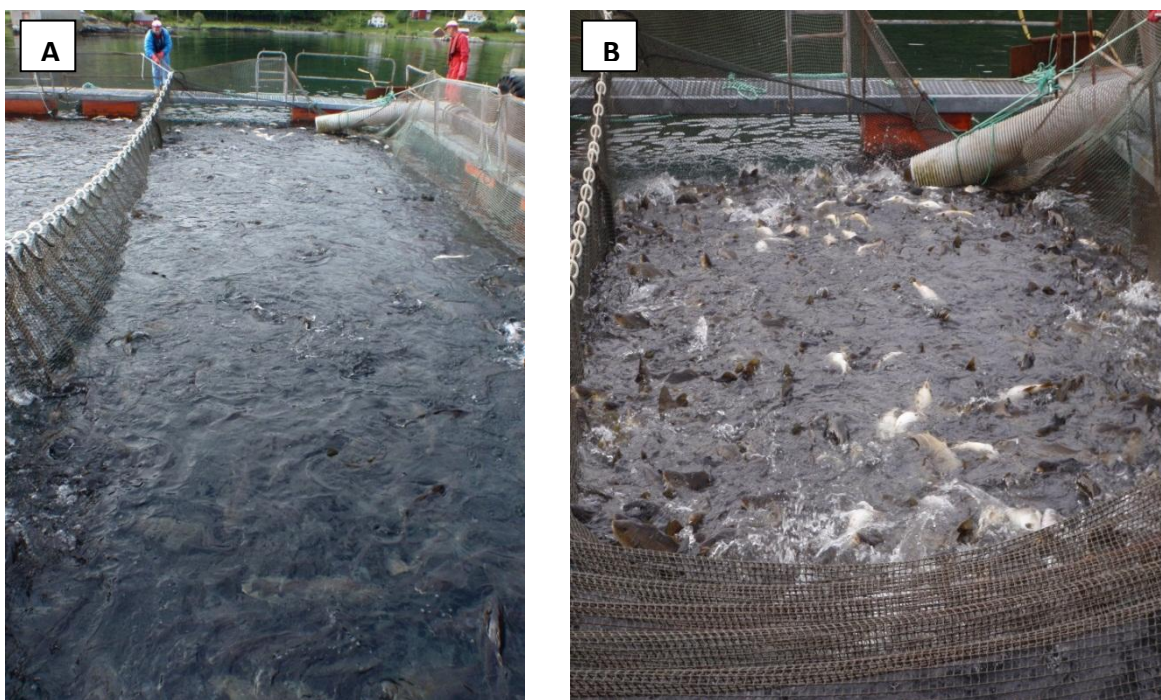
## 3.2 Resultater slakteforsøk

### 3.2.1 Forsøk 1

I forsøket 1 ble slakteprosessen vurdert i forhold fiskevelferd og råstoffkvalitet. Fiskevelferden i slaktelinjen ble vurdert visuelt.

#### Fisken i avkastnoten

Som tidligere nevnt er dette et område hvor fiskens velferd og kvalitet lett påvirkes. Det er svært viktig at de som styrer denne prosessen har god kjennskap til hvordan trenging av fisk bør gjøres. Det vil si at det ikke tas for store avkast, slik at tettheten av fisk blir for stor og oppholdstiden i avkastet ikke blir for lang.



Figur 19 A) Eksempel fra slakteriet i Struen, hvor tettheten av fisk i avkastet er akseptabelt i forhold til velferd og kvalitet. B) Illustrasjon av for høy tetthet av fisk i avkastnoten.

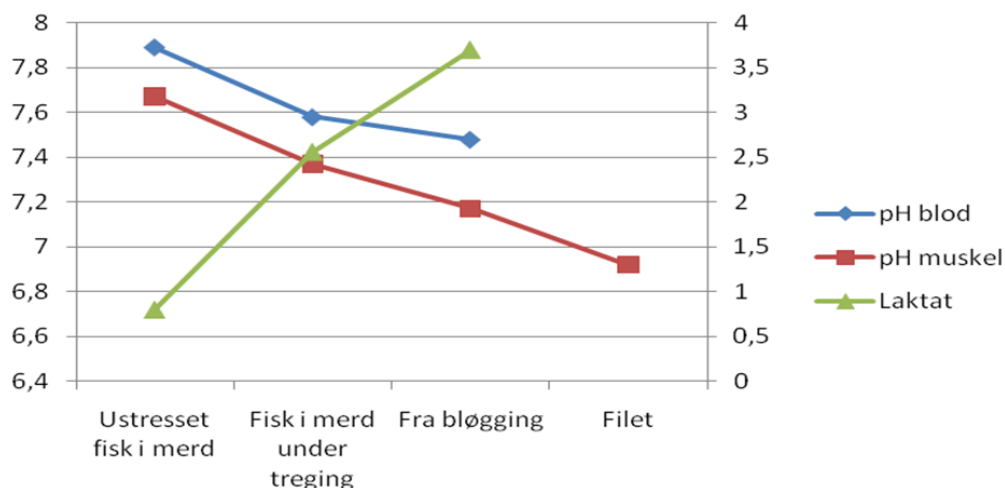
#### Pumping av fisk fra avkastet og inn til silekassen

Denne prosessen er lukket og det er vanskelig å vurdere den i forhold til velferd. Det som ble observert var at når fisken kom ut av pumperøret ble vannet silet av og fisken ble liggende tørt i en bunge for å roe seg ned før bløgging. Det finnes i dag teknologier for å bedøve og avlive fisk på en forsvarlig måte i forhold til fiskens velferd. Hvis bedriften hadde bedøvet fisken før bløgging ville de redusert stresset, økt velferden og dermed forlenget tiden før fisken gikk i *rigor-mortis*. Bedriften er avhengig av en relativt lang *pre-rigor* periode fordi de fileterer noe fisk direkte. Hvis fisken går i *rigor-mortis* før filetering vil sannsynligheten for feilskjæring og redusert utbytte være høyt.

## Måling av pH i blod, muskel og laktat

Torsken ble hentet ut av slaktelinjen på forskjellige steder. Det ble tatt blodprøver og gjort målinger i muskelen hos torsken ved fire forskjellige punkter i prosessen:

- 1) Ustresset og stresset fisk i merd.
- 2) I avkastnot, under trenging.
- 3) Etter pumping, men før bløgging.
- 4) Under pakking (Ikke pH blod).



Figur 20. Viser utviklingen av pH i blod, muskel og laktat gjennom slakteprosessen. Laktat er målt som mM på høyre y-akse.

Målingen ble gjennomført for å finne ut av hvordan de ulike trinnene i slakteprosessen påvirker fisken. PH i blod og muskel faller og laktatnivået øker. Våre funn, pH 7,7 lå i samme området som rapportert av Kristoffersen m.fl. (2006), mens pH i filet var nede på 6,7. Dette er lavere enn det som ble funnet av Kristoffersen m.fl. (2006). Vår fisk var stresset siden det var startet trenging i ventemerden da den ble håvet ut, og dette kan forklare litt lavere pH Verdiene for pH i blod og muskel ligger relativt høyt i fisk tatt ut fra merden før den blir samlet i avkastnoten. Dette samsvarer godt med at laktat verdiene er lave, dette indikerer at fisken er lite stresset og påvirket. Etter at fisken er samlet i avkast noten faller verdiene for pH blod og muskel noe, samtidig som laktat verdien øker, dette indikerer at prosessen påvirker fisken. Denne trenden fortsetter utover i slakteprosessen, pH i blod og muskel faller og laktatnivået øker, dette medfører at *pre-rigor* tiden reduseres. PH i blod og muskel faller og laktatnivået øker gjennom slakteprosessen (Se figur 20).

## Temperatur registreringer

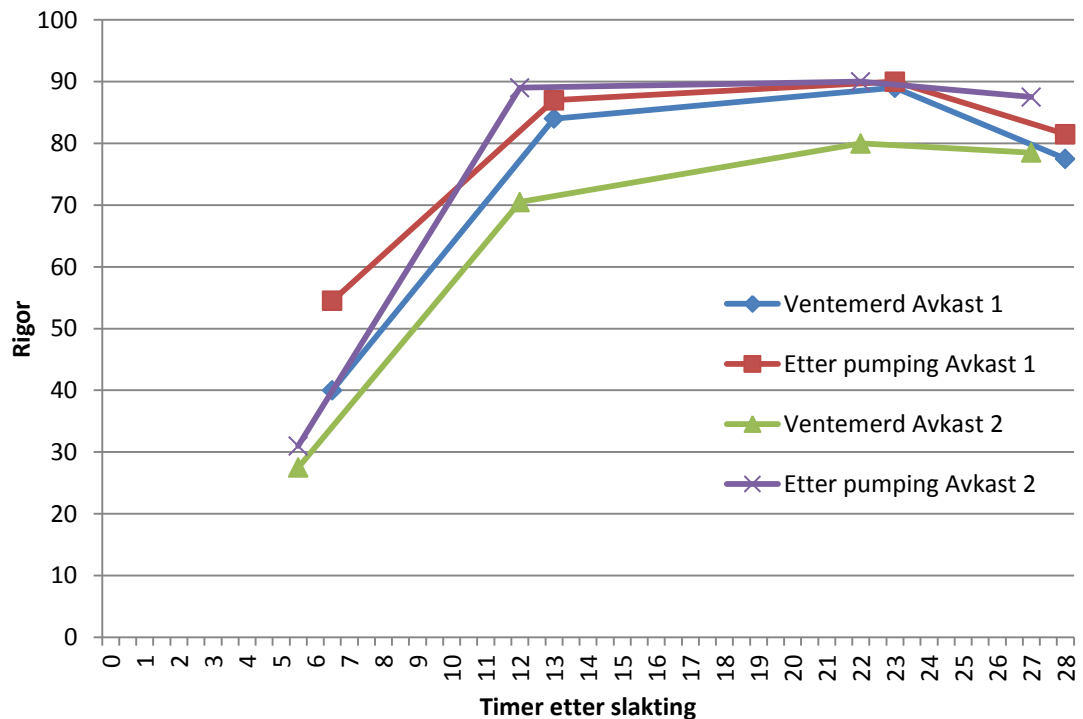
Temperaturen ble målt gjennom hele linjen på slakteriet. Temperaturen påvirker tiden som det tar før fisken går i *rigor-mortis*, desto høyere temperatur jo raskere går fisken i *rigor-mortis*. Temperaturen var ca. 9 °C grader gjennom hele prosessen fra avkast til den var pakket. Temperaturen i fisken lå på 9 °C i avkastnoten. Siden bedriften ikke hadde kjøling lå temperaturen jevnt på 9 °C helt frem til pakking. Dette kan medføre



en kortere *pre-rigor* tid enn om fisken hadde blitt nedkjølt til 0 °C. Bedriften pakket noe fisk som blank torsk, det vil si at is bare fylles i enden av kassene. Dette medfører lite is i kassene. Siden fisken holder en temperatur på 9 °C når den pakkes vil mye av isen gå med til å kjøle ned fisken og de tvil være lite igjen til å sikre kjølingen under transport. En rask nedkjøling av fisken til 0 °C er viktig for holdbarheten.

### 3.2.2 Forsøk 2

For å finne ut hvordan *pre-rigor* tiden ble påvirket av de ulike prosessene i slaktelinjen ble *rigor-mortis* målinger gjennomført.



Figur 21. Utvikling av *rigor-mortis* i slakteforsøk 2.

De to gruppene (blå og rød) gikk raskt inn i *rigor*, noe som medførte en kort *pre-rigor* tid og kort tid til å filetere / prosessere fisken før *rigor* (se figur 21).

Det første avkastet vises som blå og rød linje er hentet fra slutten av en ventemerdd, og fisken er utsatt for sterk trenging, og har vært det over tid. Torsken fra andre avkast (grønn og lilla linje) ble tatt tidlig i et nytt avkast fra en annen ventemerdd, mens tettheten av fisk var lav. Den ble kun utsatt for trenging en kort stund. Gruppen av fisk fra andre avkast, ventemerdd (grønn linje) går senere inn i *rigor*, noe som indikerer at den er mindre stresset og med lengre *pre-rigor* tid. Gruppen som ble pumpet (lilla) fra andre avkast gikk like raskt inn i *rigor* som de to gruppene fra det første avkastet. Pumping ser ut for begge gruppene å medføre ekstra stress og mindre *pre-rigor* tid. (n= 10: Resultater slakteforsøk 2). Dette indikerer at denne prosessen medfører ekstra stress og dermed kortere *pre-rigor* tid.

Våre resultater viser at maksimum *rigor* nås etter ca. 12-13 timer for fisk tatt fra avkast i ventemerdd og etter pumping (blå, rød og lilla). Når et nytt avkast tas går gruppen

hentet fra ventemerden inn i *rigor* etter 22 timer på grunn av mindre stress. *Rigor* blir heller ikke like kraftig for denne gruppen, det vises med en maksimum verdi på 80, mot 90 for de andre gruppene. Kristoffersen m.fl. (2006) viste tidligere at maksimum gjennomsnittlig *rigor* ble oppnådd etter 20-24 timer for fisk som var eksponert for stress, og etter 48 timer for ustresset. Våre funn viste at *rigor* intrådte tidligere, noe som tyder på økt stress. Sjøtemperaturen kan kanskje også påvirke hvor fort fisken kommer i *rigor*.

Det er gjort flere studier av effekten av stress før slakting på produktkvaliteten. Sensorisk vurdering av torsk som er bedøvet med AQUI-STM før slakting og slag oppnådde høyere hvithet og mer skinnende overflate etter sju dager i forhold til filet av torsk som hadde vært stresset før avliving (Digre m.fl. 2011). Håndteringsstress ble ikke funnet å redusere muskelkvalitet hos torsk, men stresset torsk viste en lavere pH i hvit muskel enn det vi fant (Erikson m.fl. 2011). Det ble påvist at stressbelastning reduserte pH i muskel fra pH 7,6 for ustresset til pH 7,28 for stresset fisk. Dette kan tyde på at vi kun hadde moderat stressbelastning under den kommersielle slaktingen som ble beskrevet i forsøk1. Tettheten i merd varierte fra lav tetthet til høy tetthet ved trenging, og utgjorde ulik stressbelastning for fisken.

## 4 KONKLUSJON

Våre forsøk viser at en kan øke holdbarheten ved tilpasning av emballasje og modifisert atmosfære. Pakkegass i tillegg til bruk av CO<sub>2</sub>-emitter og gelis ga lengst holdbarhet. Vakuumering så ut til å gi høyt væsketap, men tilføring av CO<sub>2</sub> i form av CO<sub>2</sub>-emitter gav forlenget holdbarhet. Slakteprosessen kan forbedres for å øke velferd og kvalitet gjennom bedøving og temperaturstyring.

Tilpasning på det enkelte anlegg og automatisering er vesentlig for å få forutsigbar kvalitet og holdbarhet. Erfaringene kan også overføres til villfisk/fangsthåndtering og pakking av ulike produkter.

Prosjektet har generert ny kunnskap som kan benyttes innen produktutvikling for torskeoppdrett, men også overføres til annen sjømat.



## 5 REFERANSER

Akse, L.; Kristiansen, F.; Tobiassen, T.; Dahl, R.; Eilertsen, G. 2008. Sulting og *pre rigor* filetering av loddetorsk. Effekt på filetspalting, drypptap og holdbarhet. Fiskeriforskning Rapport 28/2008. ISBN 978-82-7251-650-4.

Bøknes, N., Østerberg, C., Nielsen, J. & Dalgaard, P. 2010. Influence of Freshness and Frozen Storage Temperature on Quality of Thawed Cod Fillets Stored in Modified Atmosphere Packaging. *Lebensm.,-Wiss. U.-Technol.*, 33-244-248.

Bjørlykke, G.A., Roth, B., Sørheim, O., Kvamme, B.O. & Slinde, E. 2011. The effects of carbon monoxide on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).

Debevere, J., Boskou, G., 1996. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA-producing microflora of cod fillets. *Int. J. Food and Microbiol.*, 31(1-3), 221-229.

Digre, H. 2011. Slaughter methods and processing of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). Welfare aspects and flesh quality. Dr. thesis ved NTNU, nr 79/2011.

Digre, H., Erikson, U., Aursand, IG, Gallart-Jornet, L., Misimi, E., Rustad, T. 2011a. Rested and stressed farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) chilled in ice or slurry and effects on quality. *J Food Science* 76:89-100.

Digre, H., Erikson, U., Skaret, J., Lea, P., Gallart-Jornet, L. & Misimi, E. 2011b. Biochemical, physical and sensory quality of ice-stored Atlantic cod (*Gadus morhua*) as affected by pre-slaughter stress, percussion stunning and AQUI-S™ anaesthesia. *Eur Food Res. Technol.* 233: 447-456.

Digre, H., Erikson, U., Misimi, E., Standal, I.B., Gallart-Jornet, L., Riebroy, S. & Rustad, T. 2011 c. Bleeding of farmed Atlantic cod: residual blood, colour and quality attributes of pre- and *postrigor* fillets as affected by *perimortem* stress and different bleeding methods. *J. Aquatic Food Prod. Technol.* 20 (4): 391-411.

Digre, H., Erikson, U., Misimi, E., Lamboij, B., van de Vis, H. 2010. Electrical stunning of farmed Atlantic cod *Gadus morhua* L: a comparison of an industrial and experimental method. *Aquaculture Research* 41: 1190-1202.

Erikson, U., Digre, H., Misimi, E. 2011. Effects of *perimortem* stress on farmed Atlantic cod products quality. A baseline study. *J Food Sci.* 76: 251-261.

Hansen, A. Å. 2008. Reduced headspace volume of modified atmosphere packaged fresh salmon (*Salmo salar* L.) and cod (*Gadus morhua* L.) by use of a carbon dioxide emitter. PHD thesis 2008: 48, UMB.

Hansen, A.Å., Mørkøre, T., Rudi, K., Olsen, E. & Eie, T. 2007. Quality changes during refrigerated storage of MA-packaged Pre-rigor fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) using traditional MAP, CO<sub>2</sub> emitter and vacuum. J. Food Science, 72 (9) 423-430.

Hansen, A.Å. 2008. Reduced headspace volume of modified atmosphere packaged fresh salmon (*Salmo salar* L) and cod (*Gadus morhua* L.) by use of a carbon dioxide emitter. PhD Thesis 48, Universitetet for Miljø og Biovitenskap.

Hansen, A.Å., Mørkøre, T., Rudi, K., Rødbotten, M., Bjerke, F., Eie, T. 2009a. Quality development of pre-rigor filleted Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) packaged in modified atmosphere using CO<sub>2</sub>-emitter, traditional MAP and vacuum. J. Food Sci., 74 (6), M242-M249.

Hansen, A.Å., Mørkøre, T., Rudi, K., Langsrud, Ø., Eie, T. 2009b. The combined effect of superchilling and MA packaging using CO<sub>2</sub> emitter on quality during chilled storage of pre-rigor salmon fillets (*Salmo salar*). J. Sci. of Food and Agriculture, 89(10), 1625-1633.

Hansen, A.Å., Rødbotten, M., Eie, T., Lea, P., Rudi, K., P., Mørkøre, T., 2012. The effect of crowding stress on bacterial growth and sensory properties of chilled Atlantic salmon fillets. Journal of Food Science, 2012, 71(1), S84-S90.

Herland, H.; Tobiassen, T.; Akse, L.; Carlehøg, M.; Eilertsen, G. 2009. Pre-rigor filetering av oppdrettstorsk - Holdbarhet og kvalitet under kjølelagring Rapport 14/2009. ISBN 978-82-7251-678-8.

Herland, H. 2009. Farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) Fillet quality and quality changes during iced storage. Phd-thesis Universitetet i Tromsø.

Kiessling, A., Johansson, D., Zahl, I.H., Samuelsen, O.B. 2009. Pharmacokinetics, plasma cortisol and effectiveness of benzocaine, MS222 and isoeugenol measured in individual dorsal aorta cannulated Atlantic salmon (*Salmo salar*) following bath administration. Aquaculture 286: 301-308.

Kristoffersen, S.; Tobiassen, T.; Steinsund, V.; Olsen, R.L. 2006. Slaughter stress, postmortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). International J. Food Science & Technol. 41; 861-864.

Mejdell, C.M., Midling, K.Ø., Erikson, U., Evensen, T., Slinde, E. 2009. Evaluering av slaktesystemer for laksefisk i 2008 – fiskevelferd og kvalitet. Veterinærinstituttets rapportserie 01-2009. Oslo. Veterinærinstituttet.

Midling, K.Ø., Mejdell, C., Olsen, S.H., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø., Aas, K., Harris, S., Oppedal, K., Fremsteinevik, Å. (2008) Slakting av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd Rapport/Report 6/2008.

Mortensen, A. (2010) Foredrag Hvitfisk konferansen. Tromsø 29. Oktober 2010. Tittel foredrag: «Fokus: Muligheter for oppdrettstorsk».

Robb, D.H.F. 2001. The relationship between killing methods and quality. In SC Kestin, PD Warris, editors. Farmed fish quality. Cornwall: Blackwell Publishing. p220-233.

Robb, D.H.F., O'Callaghan, M.O., Lines, J.A. & Kestin, S.C. 2002. Electrical stunning of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*): factors that affect stun duration. Aquaculture 205: 359-371.

Robb, D.H.F. & Roth, B. 2003. Brain activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. Aquaculture 216: 363-369.

Roth, B., Torrissen, O.J. & Slinde, E. 2005. The effect of slaughtering procedures on blood spotting in rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 250: 796-803.

Roth, B., Slinde, E. & Arildsen, J. 2006. Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. Aquaculture 257: 504-510.

Roth, B., Imsland, A., Gunnarsson, S., Foss, A., Schelvis-Smit, R. 2007. Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparison between different stunning methods. Aquaculture 272: 754-761.

Roth, B., Birkeland, S., Oyarzun, F. 2009a. Stunning, pre slaughter and filleting conditions of Atlantic salmon and subsequent effect on flesh quality on fresh and smoked fillets. Aquaculture 289: 350-356.

Roth, B., Obach, A., Hunter, D., Nordtvedt, R. & Oyarzun, F. 2009b. Factors affecting residual blood and subsequent effect on bloodspotting in smoked Atlantic salmon fillets. Aquaculture 297: 163-168.

Roth, B., Nordtvedt, R., Slinde, E., Foss, A., Grimsbø, E., Stien, L.H. 2010. Electrical stimulation of Atlantic salmon muscle and the effect on flesh quality. Aquaculture 301: 85-90.

Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, J.T. 2007. The optimized modified atmosphere for packaging pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*) is 63 ml/100ml oxygen and 37 ml/100 ml carbon dioxide. LWT - Food Science and Technology. 40. 430-438.

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

Sørensen, N.K.; Tobiassen, T.; Midling, K.Ø.; Akse, L. 2005. Oppdrettstorsk - føring, vekst og kvalitet. Rapport fra en produksjonssyklus, 2003-2004, hos Storfjord Torsk AS,

Skibotn. Rapport 16/2005. ISBN -13 978-82-7251-566-8 / ISBN-10 82-7251-566-0.

Tobiassen, T.; Akse, L.; Midling, K.Ø.; Aas, K.; Dahl, R.; Eilertsen, G. 2006. The effect of pre-rigor processing of cod (*Gadus morhua* L.) on quality and shelf life. In J.B. Luten, C. Jacobsen, K. Nekaert, A. Sæbø, J. Oehlenschläger, (red) «Seafood from fish to dish, Quality, safety and processing of wild and farmed fish». ISBN-10-8686-005-2-ISBN-13:978-90-8686-005-0. Wageningen Academic Publishers, 2006, pp 149-160.

The Unscrambler® X", versjon 10.1. Unscrambler.

Aas, G.H. & Kjerstad, M. 2007. Produksjons- og lagringsforsøk for koteletter, filet og hodekappet oppdrettstorsk. Rapport i prosjektet: Nye produkter og markeder for oppdrettet torsk. Møreforskingrapport nr. Å 0708.

Aas, G.H., Barnung, T & Kjerstad, M. 2011. Biråstoff fra oppdrettstorsk – med fokus på lever. Rubinrapport nr. 190. 46 s.







## MØREFORSKING

MØREFORSKING MARIN  
Postboks 5075, NO-6021 Ålesund

Telefon +47 70 11 16 00  
Telefaks +47 70 11 16 01

epost@mfaa.no  
www.moreforsk.no



## HØGSKOLEN I ÅLESUND

HØGSKOLEN I ÅLESUND  
Serviceboks 17, NO-6025 Ålesund

Telefon +47 70 16 12 00  
Telefaks +47 70 16 13 00

postmottak@hials.no  
www.hias.no