

# **Proteintap fra torskemuskel under salteprosessen**

## Hvordan minimalisere tapet?

Asbjørn Gildberg, Leif Akse og Gustav Martinsen





Nofima er et næringsrettet forsknings-konsern som skal øke konkurranse-kraften for matvareindustrien, herunder akvakulturnæringen, fiskerinæringen og landbruksnæringen. Konsernet omfatter tidligere Akvaforsk, Fiskeriforskning, Matforsk og Norconserv, og har ca. 430 ansatte. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

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

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



Vi driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringa. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, bærekraftig og effektiv produksjon samt fangst, slakting og primærprosessering.

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

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

# Rapport

ISBN: 978-82-7251-664-1	Rapportnr.: 2/2009	Tilgjengelighet: <b>Åpen</b>
----------------------------	-----------------------	---------------------------------

Tittel: <b>Proteintap fra torskemuskel under salteprosessen</b>		Dato: 26.01.09
		Antall sider og bilag: 23
Forfatter(e): Asbjørn Gildberg, Leif Akse og Gustav Martinsen		Prosjektnr.: 20589
Oppdragsgiver: Bacalao Forum - FHL		Oppdragsgivers ref.: Finn-Arne Egeness
Tre stikkord: Proteintap, nedbrytningsmekanismer, proteinkvalitet		
<p><i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i></p> <p>Målsetningen med prosjektet var å studere proteintap ved salting av torsk. Etter et innledende storskalaforsøk i industribedrift, ble en rekke småskalaforsøk utført. Proteintap, enzymaktiviteter og protein i lake ble analysert. Ved storskalaforsøket (pickel/tørr-salting) var proteintapet 12,7 % i løpet av fire ukers modning. Tapet var størst i siste uke av modningen, der fisken ble tørrsaltet med ekstra press (600 kg/m<sup>2</sup>). Forsøk i modellskala, der torskfilet ble saltet ca tre uker i 5 ulike salteprosesser, viste at proteintapet i den innledende fasen av saltmodningen var avhengig av saltemetode. Etter salting i 5 døgn varierte proteintapet fra 1,3 % til 8,6 %. Tapet var størst ved tørrsalting og minst ved saltinjisering. Etter videre tørrsalting frem til tre uker, var forskjellene mellom metodene mindre. Ved avslutningen hadde filetene som ble injisert som første saltetrinn tapt mest protein (13,6 %), mens fileter tørrsaltet hele tiden tapte minst (10,4 %). Ved de andre tre saltemetodene var proteintapet 12-13 %. Dette viser at uansett saltemetode i første saltetrinn gikk omkring 12 % av proteinet tapt ved tre ukers modning der prosessen ble avsluttet med et tørrsaltetrinn. Forsøkene viste at ved pickelsalting økte proteintapet med økende temperatur. Ved lakesalting var det ingen sammenheng mellom temperatur og proteintap. Selv om vårt forsøk ga relativt stort proteintap ved injeksjonssalting, er metoden interessant fordi saltet her straks fordeles i hele filéten. Saltet reduserer aktiviteten av proteolytiske enzymer i muskelen og kan dermed bidra til mindre tap av nedbrutt muskelprotein.</p> <p>Proteinkonsentrasjonen i lake er vanligvis svært lav (&lt; 1 %), og det er vanskelig å tenke seg en kommersiell utnyttelse, men dersom fersk lake kan steriliseres på en rasjonell måte, kan den kanskje brukes til injeksjonssalting etter at saltkonsentrasjonen er justert til riktig nivå.</p> <p>Hovedkonklusjonen fra disse resultatene er at både saltemetode, temperatur og press har stor betydning for proteintapet. Forsøkene har gitt mange interessante resultater, men det vil være viktig å utføre flere kontrollerte forsøk i liten skala for å få bedre kunnskap om samspill mellom ulike faktorene.</p> <p><i>Knapphet på tid og ressurser gjorde at avsluttende optimaliseringsforsøk i pilotskala måtte utgå.</i></p>		
<i>English summary: (maks 100 ord)</i>		



## Forord

Proteintap under salting av fisk vil vanligvis representere et tilsvarende verditap, og det er derfor viktig at dette tapet blir minst mulig. Det finnes mange forskjellige saltemetoder, og for hver enkelt metode inngår flere prosessparametre som kan variere. Proteintap under prosessering og lagring vil avhenge både av råstoffkvalitet og prosessbetingelser, og det er derfor viktig å få mer kunnskap om betydningen av disse faktorene.

Klippfisk og saltfisk har de siste årene stått for omkring 50 % av eksportverdien som oppnås av all eksport av torskprodukt. En stor del av den torsk som fiskes i Norge går dermed gjennom en salteprosess, som har stor innvirkning på utbytte og kvalitet på saltfisk og klippfisk.

Av proteinet i torskemuskel utgjør myofibrillprotein ca 77 % (Haard, 1995). Dette proteinet er uløselig i rent vann, men kan løses nesten fullstendig i 4–5 % KCl-løsning. Sarcoplasmprotein, som utgjør ca 20 %, er vannløselig, og resten, bindevevsprotein (ca 3 %) er i utgangspunktet fast, men mye av dette kan gå i oppløsning under påvirkning av syre eller salt (Arnesen & Gildberg, 2006).

I likhet med de fleste biologiske råstoffer inneholder fiskemuskel et batteri av ulike enzymer som kan bryte ned protein. Under fersklagring kan disse enzymene bryte ned noe av det proteinet som i utgangspunktet ikke er vannløselig slik at det blir vannløselig. Dermed kan mengden og virkningsgraden av slike enzymer også få stor betydning for proteintapet.

Ved flekking av fisken fjernes deler av ryggbeinet og fiskemuskelen blir dermed direkte eksponert også for mekanisk påvirkning av saltkrystaller. I denne prosessen oppstår et visst proteintap (ca 0,4 %) i form av små fiskebiter (Tórarinsdóttir *et al.*, 2005).

En ting er hva som går i oppløsning under ekstraksjon av homogenisert fisk i et begerglass. Noe helt annet er hva som går tapt i avsigt under en salteprosess. Så lenge muskelcellene er noenlunde intakte, vil de fungere som små væskesyndre som holder mesteparten av både vannløselig og saltløselig protein på plass. Etter hvert som saltkrystaller og osmose punkterer cellene, vil selvsagt større mengder protein lekke ut. Dermed er det klart at både saltmengde, salttype og saltemetode vil få stor betydning for proteintapet.

Man regner med at omkring 10 % av det opprinnelige proteinet i muskelen mistes når fisken saltes. Vannløselig protein går tapt både på grunn av saltets innvirkning og av fysisk press på fisken. Vekttapet er størst dersom fisken saltes før *rigor* (Lauritzen *et al.*, 2004), og proteintap i lake er litt større dersom pH er litt over nøytralt enn hvis pH er litt under nøytralt (Martinez-Alvares & Gómez-Guillén, 2005). I forsøk med laksemuskel fant Birkeland og Bjerkeng (2004) at ekstraherbarheten av muskelprotein ved nøytral pH var størst hvis saltkonsentrasjonen var 12–17% for så å avta både ved høyere og lavere saltkonsentrasjoner. Nyere forskning har vist at injeksjonssalting kan gi godt vektutbytte, men proteintapet ved injeksjonssalting er enda lite undersøkt (Akse *et al.*, 2008). Det er kjent at noen av de viktigste muskelproteasene hemmes kraftig av salt (Gildberg, 1988). Saltinjisering vil derfor trolig medføre mindre enzymatisk proteinnedbrytning og kan dermed redusere proteintapet.

Kunnskapen om proteintapet under salting er meget mangelfull. Det finnes lite informasjon om hvordan ulike prosessparametre innvirker på proteintapet. Proteinene som går ut i laken eller renner av fisken er ikke karakterisert tidligere og det er heller ikke noen tilgjengelig informasjon om hvor stort proteintapet i saltfiskproduksjonen i praksis er. Det vil være viktig å gjøre målinger på dette for å kunne minimalisere tapet av protein og dessuten vurdere om lakeproteiner kan utnyttes kommersielt til alternative anvendelser.



# Innhold

<b>1</b>	<b>Målsetning</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materialer og metoder</b> .....	<b>3</b>
2.1	Industriskala pilotforsøk med pickelsalting.....	3
2.2	Småskala salteforsøk.....	3
2.2.1	Småskalaforsøk 1: Effekt av temperatur .....	3
2.2.2	Småskalaforsøk 2: Effekt av saltetid .....	4
2.2.3	Småskalaforsøk 3: Effekt av saltemetode .....	4
	Pickelsalting .....	5
	Pickelsalting m/laketilsetning .....	5
	Lakesalting .....	5
	Injisering.....	5
	Tørssalting .....	5
2.3	Laboratorieanalyser .....	6
2.4	Beregning av proteintap .....	6
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon</b> .....	<b>7</b>
3.1	Industriskala pilotforsøk med pickelsalting.....	7
3.2	Småskala salteforsøk 1: Effekt av temperatur .....	11
3.2.1	Pickelsalting i 9 døgn ved tre temperaturer .....	11
3.2.2	Lakesalting i 9 døgn ved tre temperaturer.....	12
3.3	Småskala salteforsøk 2: Effekt av saltetid .....	14
3.3.1	Pickelsalting i 4, 9, 15 og 21 døgn ved temperatur 10 °C .....	14
3.4	Småskala salteforsøk 3: Effekt av saltemetode .....	16
3.4.1	Pickelsalting.....	16
3.4.2	Pickelsalting + laketilsetning (20%) .....	16
3.4.3	Lakesalting .....	17
3.4.4	Injisering .....	18
3.4.5	Tørssalting .....	19
3.5	Proteintap – oppsummering av resultater .....	20
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>21</b>
4.1	Proteintap.....	21
4.2	Protein i laken .....	21
4.3	Videre arbeid.....	21
<b>5</b>	<b>Litteraturliste</b> .....	<b>23</b>





# 1 Målsetning

Målet med prosjektet er å finne ut hvor stort proteintapet er ved salting av torsk og å karakterisere proteiner som forsvinner ut av muskelen. Med bakgrunn i disse resultatene vil det gjøres forsøk med sikte på å minimalisere proteintapet. Kunnskapen søkes oppnådd gjennom følgende delaktiviteter:

- 1) Litteraturstudie
- 2) Måling av proteintap ved industriell produksjon
- 3) Småskalaforsøk for å få kunnskap om hvordan proteintapet kan gjøres minst mulig
- 4) Pilotskala forsøk for å minimalisere proteintap



## 2 Materialer og metoder

### 2.1 Industriskala pilotforsøk med pickelsalting

Til pilotforsøk ved fiskeindustribedrift på Brensholmen ble det benyttet sløyd og hodekappa torsk (vekt 1-2.5 kg). Torsken var fiska i nærområdet 15., 16. og 19. mai, 2008, og ble lagret 4-8 dager på is før pickelsalting. Samme type grovsalt, levert av Holst Engros, som bedriften brukte i sin ordinære produksjon av saltfisk ble brukt i forsøket.

Sløyd og hodekappa torsk (383 kg) ble vasket i kaldt vann og salta (435 kg salt (98.5 % tørrstoff)) i 700 liters plastkar påmontert tappekran i bunn. Merka fisk (30 stk.) vart plassert på forskjellig nivå og total stabelhøyde vart ca 45 cm. Karet vart godt tildekket med plast og plassert litt skråstilt med tappekran (stengt) på laveste nivå.

Etter 7 dager saltmodning ved ca 11 °C, etter videre modning i 6 dager ved ca 12 °C, etter videre modning 8 dager ved 4 °C og etter videre modning i 7 dager ved 4 °C ble laken tappet av og analysert for protein og enzymer som bryter ned protein (proteaser).

Etter saltmodning i 21 og 28 dager ble både de individmerkede fiskene og hele prøvepartiet veid. Prøver (å 3 fisk) ble tatt ut fra bunn, midten og topp til analyser av protein, vann og aske. Resten av fiskene ble lagt tilbake i omvendt rekkefølge (dvs. at fisk som lå øverst ble nå lagt nederst i karet) og saltet med "brukt salt" fra tidligere i forsøket.

Etter 21 døgn saltmodning ble det lagt ekstra press, tilsvarende 600 kg/m<sup>2</sup>, på toppen av fisken i karet for å simulere trykket den ville blitt utsatt for under avsluttende tørrsalting dersom et kar fullt med fisk ble snudd over på en pall. Etter én ukes videre salting ble forsøket avsluttet (total saltetid 28 døgn).

### 2.2 Småskala salteforsøk

Det ble gjennomført tre salteforsøk i pilotskala for å undersøke hvordan faktorer som temperatur, saltetid og saltemetode påvirker proteintapet. I disse forsøkene ble torskfilet med skinn brukt som råstoff. Samme type grovsalt, levert av Norsk Saltkompani i Tromsø, ble brukt i alle tre forsøkene.

#### 2.2.1 Småskalaforsøk 1: Effekt av temperatur

For å undersøke hvordan modningstemperaturen påvirket proteintapet, ble det foretatt to forsøk i liten skala der torskfileter ble saltmodnet i 9 døgn ved tre ulike temperaturer (2, 10 og 20 °C). I det ene forsøket ble filetene pickelsaltet, mens de i det andre ble lakesaltet. Råstoffet var fileter av torsk fisket med juksa og line. Filetene ble saltet 2 - 4 døgn etter fangst. Før salting var snittvekten på filetene 690 gram.

#### Pickelsalting i 9 døgn ved temperatur 2, 10 og 20 °C

Totalt 15 fileter med skinn ble pickelsaltet, fordelt med 5 fileter i hver av tre små plastkointeinere med lokk. Forholdet mellom fisk og salt var 1:1 w/w. Hver enkelt filet ble merket og veid før og etter salting, slik at det ble mulig å registrere vektutbytte for hver filet etter i 9 døgn saltmodning.

Plastkointeinerne ble fordelt med 1 på hver av modningstemperaturene: 2 °C, 10 °C og 20 °C. Ved disse temperaturene sto kointeinerne i ro frem til modningen ble avsluttet 9 døgn etter salting. Filetene ble tatt ut av saltlaken som hadde dannet seg under pickelsaltingen, drenert og veid, før de ble frosset inn for senere analyser av vann, salt og protein. Analysene ble utført individuelt på hver av de 5 filetene fra de tre ulike modningstemperaturene.

Ved avslutning av forsøket ble det også tatt ut prøver av lake/salt fra hver av de tre modningstemperaturene. Ved dette prøveuttaket ble lake og uløst salt rørt godt opp slik at prøven ble representativ for blanding av lake og uløst salt. I lake/salt prøven ble det analysert proteinmengde og proteaseaktivitet ble målt i laken.

### **Lakesalting i 9 døgn ved temperatur 2, 10 og 20 °C**

Totalt 15 fileter med skinn ble lakesaltet i 20 % lake, fordelt med 5 fileter i hver av tre små plastkølebeholdere med lokk. Lakesaltingen foregikk ved at det på forhånd ble laget saltlake som filetene ble lagt ned i. Mellom filetene ble det strødd litt tørt salt. Mengden lake i hver av kjølebeholderne var 5 liter og i tillegg ble det strødd 1 kg tørt salt mellom de 5 filetene.

Hver enkelt filet ble merket og veid før og etter lakesalting, slik at det ble mulig å registrere vektutbytte for hver filet etter 9 døgn saltmodning.

Plastkølebeholderne ble fordelt med 1 på hver av modningstemperaturene: 2 °C, 10 °C og 20 °C. Ved disse temperaturene sto kjølebeholderne i ro frem til modningen ble avsluttet 9 døgn etter salting. Filetene ble da tatt ut av saltlaken, drenert og veid, før de ble frosset inn for senere analyser av vann, salt og protein. Analysene ble utført individuelt på hver av de 5 filetene fra de tre ulike modningstemperaturene.

Ved avslutning av forsøket ble det tatt ut prøver av laken fra hver av de tre temperaturene. I denne prøven ble det analysert proteinmengde og proteaseaktivitet.

### **2.2.2 Småskalaforsøk 2: Effekt av saltetid**

For å undersøke hvordan saltetiden påvirket proteintapet ble det gjennomført ett forsøk der torskefileter med skinn ble pickelsaltet i 21 døgn. Det ble tatt ut prøvetil vektbestemmelse og analyser etter 4, 9 og 21 døgn i salt. Råstoffet var fileter av torsk fisket med juksa og line. Filetene ble saltet 2 - 4 døgn etter fangst. Før salting var snittvekten på filetene 550 gram.

### **Pickelsalting i 4, 9, 15 og 21 døgn ved 10 °C**

Totalt 15 fileter med skinn ble pickelsaltet i et åpent plastkar, forhold fisk og salt 1 : 1 w/w. Hver enkelt filet ble merket og veid slik at det ble mulig å registrere vektutviklingen for hver filet fra før salting til etter saltmodning i 4, 9, 15 og 21 døgn.

Karet med de 15 pickelsaltede filetene ble plassert på et temperaturregulert rom innstilt på 10 °C. Ved denne temperaturen sto saltetaket frem til forsøket ble avsluttet 21 dager etter første salting.

Under saltmodningen ble filetene tatt ut av laken, drenert og veid etter 4, 9, 15 og 21 døgn i salt. Laken og det uløste saltet ble også veid. Ved tidspunktene 4, 9 og 21 døgn ble 5 fileter tatt ut av forsøket og frosset inn for senere analyser av vann, salt og protein. Analysene ble utført individuelt på hver av de 5 filetene fra de tre modningstidspunktene.

Ved hvert uttakstidspunkt ble det også tatt prøver av lake/salt. Lake og uløst salt ble rørt godt opp for at prøven skulle bli representativ for blandingen av lake og uløst salt. I lake-/salt prøvene ble det analysert proteinmengde og proteaseaktivitet ble målt i laken.

### **2.2.3 Småskalaforsøk 3: Effekt av saltemetode**

For å undersøke hvordan forskjellige saltemetoder påvirket proteintapet, ble det gjennomført ett forsøk der torskefileter med skinn ble "saltet" med fem forskjellige metoder i 20 døgn. Det ble tatt ut prøvetil vektbestemmelse og analyser etter 1, 5 og 20 døgn i salt. Råstoffet var fileter (med skinn) av trålfanget torsk, som ble saltet 4 døgn etter fangst. Før salting var snittvekten på filetene 690 gram

### **Pickelsalting**

Totalt 15 fileter med skinn ble pickelsaltet, i et plastkar. Forholdet mellom fisk og salt var 1 : 1 w/w. Etter 5 døgn ble filetene tatt ut av lake og veid, 5 fileter ble tatt ut til analyser av protein, vann og salt. I tillegg ble det tatt prøver av lake for analyse av protein og proteaseaktivitet. De resterende 10 filetene ble tørrsaltet i et plastkar på en rist som var løftet ca 4 cm over bunnen. Dette for å drenere ut eventuell lake.

Etter ytterlige 15 døgn ble forsøket avsluttet og de siste 10 filetene veid og frosset ned for analyser av vann, salt og protein.

### **Pickelsalting m/laketilsetning**

Totalt 15 fileter med skinn ble pickelsaltet med 20 % laketilsetning i et plastkar. Forholdet mellom fisk og salt var 1 : 1 w/w og det ble tilsatt 3,8 l 20 % lake under saltingen.

Etter 5 døgn ble filetene tatt ut av lake og veid, 5 fileter ble tatt ut til analyser av protein, vann og salt. I tillegg ble det tatt prøver av lake for analyse av protein og proteaseaktivitet. De resterende 10 filetene ble tørrsaltet i et plastkar på en rist som var løftet ca 4 cm over bunnen. Dette ble gjort for å drenere ut eventuell lake.

Etter ytterlige 15 døgn ble forsøket avsluttet og de siste 10 filetene veid og frosset ned for analyser av vann, salt og protein.

### **Lakesalting**

Totalt 15 fileter ble lakesaltet i ett døgn i 5 liter lake 20%. Etter ett døgn ble filetene tatt ut av lake og veid, før de ble pickelsaltet med laketilsetning (20 %). Forholdet fisk og salt var 1 : 1 w/w. Etter ytterlige 4 dager (døgn 5) ble filetene tatt ut av lake og veid. Fem fileter ble tatt ut til prøver for analyser av vann, salt og protein. I tillegg ble det tatt prøver av lake for analyse av protein og proteaseaktivitet. De resterende 10 filetene ble tørrsaltet i et plastkar på en rist som var løftet ca 4 cm over bunnen. Dette ble gjort for å drenere ut eventuell lake.

Etter ytterlige 15 døgn ble forsøket avsluttet og de siste 10 filetene veid og frosset ned for analyser av vann, salt og protein.

### **Injisering**

Totalt 15 fileter med skinn ble injisert med 20 % lake. Etter injisering ble filetene veid før de ble pickelsaltet med 20 % laketilsetning. Forholdet mellom fisk og salt var 1 : 1 w/w og det ble tilsatt 4,0 l 20 % lake under saltingen.

Etter 5 døgn ble filetene tatt ut av lake og veid, 5 fileter ble tatt ut til prøver for analyser av vann, salt og protein. I tillegg ble det tatt prøver av lake for analyse av protein og proteaseaktivitet. De resterende 10 filetene ble tørrsaltet i et plastkar på en rist som var løftet ca 4 cm over bunnen. Dette ble gjort for å drenere ut eventuell lake.

Etter ytterlige 15 døgn ble forsøket avsluttet og de siste 10 filetene veid og frosset ned for analyser av vann, salt og protein.

### **Tørrsalting**

Totalt 15 fileter med skinn ble tørrsaltet på rist ca 4 cm over bunnen i et plastkar. Forholdet mellom fisk og salt var 1 : 1 w/w.

Etter 5 døgn ble filetene tatt ut av saltet og veid. Fem fileter ble tatt ut til prøver for analyser av vann, salt og protein. I tillegg ble det tatt ut prøver av lake, som lå under rista i karet, for analyse av protein og proteaseaktivitet. De resterende 10 filetene ble tørrsaltet videre på rista i plastkaret!

Etter ytterlige 15 døgn ble forsøket avsluttet og de siste 10 filetene veid og frosset ned for analyser av vann, salt og protein.

## **2.3 Laboratorieanalyser**

### **Homogenisering**

Før laboratorieanalyser ble fiskeprøvene malt på kjøttkvern.

### **Vann, tørrstoff og aske (mineralsalter)**

Vann og tørrstoff ble bestemt gravimetrisk etter tørking ved 105 °C og aske etter ca 20 timer ved 550 °C.

### **Totalt fettinnhold**

Totalt fett ble bestemt ved Soxhlet-ekstraksjon med petroleum benzene.

### **Protein**

Protein ble målt med Kjeldahl-metoden etter oppløsning av prøvene i svovelsyre. Løselig protein i lake ble målt med Lowry's metode, og bovint albumin ble brukt som standard.

### **Hydrolysegrad**

Lakeproteinets hydrolysegrad (DH) ble beregnet ut fra innhold av frie aminogrupeer bestemt ved formol-titrering (Beddows *et al.*, 1976) og total mengde protein målt med Lowry's metode.

### **Aminosyreanalyse**

Aminosyresammensetning i fiskemuskel, laker og forskjellige muskelproteinfraksjoner ble bestemt etter hydrolyse med 6 N HCl i 24 timer, derivatisering med phenyl-isothiocyanat og separasjon på HPLC.

## **2.4 Beregning av proteintap**

Proteintapet er beregnet som prosent av opprinnelig proteinmengde i prøven før salting.

### 3 Resultater og diskusjon

#### 3.1 Industriskala pilotforsøk med pickelsalting

Råstoffet som vart brukt hadde litt varierende kvalitet. Fisken var av forskjellig størrelse (vekt sløyd og hodekappa; fra ca 1 – 3 kg) og forskjellig ferskhet (4-8 dager på is). Dette medførte at noe fisk hadde betydelig filétspalting mens andre var av god kvalitet.

Tabell 1 Beregna saltfiskvekt i forhold til 0-prøve for fisk lagra først på topp og så på bunn (TB), fisk heile tida lagra midt nedi (MM) og for fisk lagra først på bunn og så på topp (BT)

	Etter 3 uker	Etter 4 uker
TB	67,71 %	66,31 %
MM	69,35. %	64,99 %
BT	73,86 %	70,65 %
Gjennomsnittsverdier	70,31 %	67,32 %

Kontrollveiinger av hele partiet før salting, etter 21 døgn og etter 28 døgn viste at de 30 individmerkede fiskene i snitt var representative for vektutviklingen i partiet under salting.

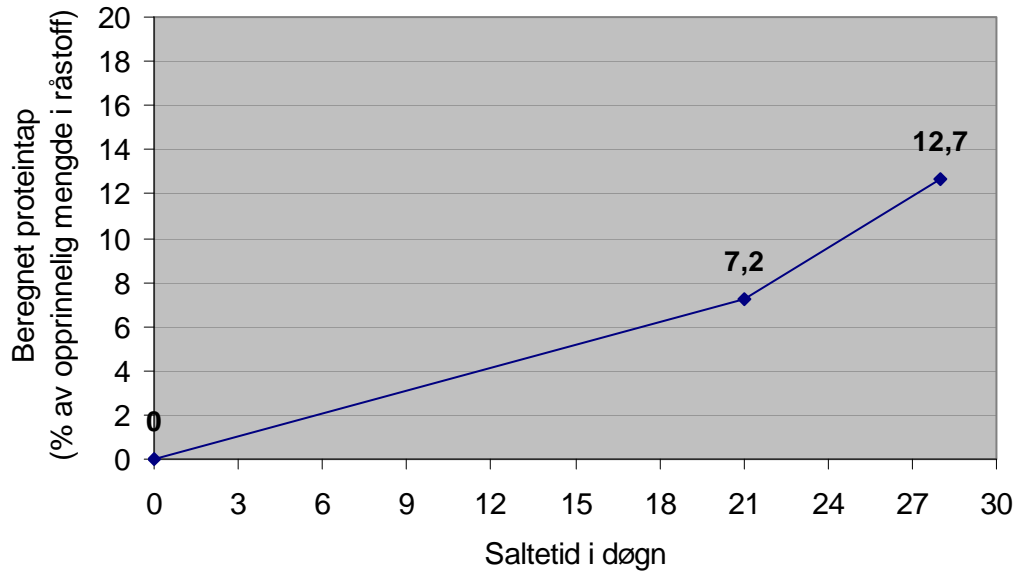
Tallene viser at det er samme vekttap for fisk lagra midt nedi heile tida som for fisk lagra først øverst og til slutt nederst i karet. Fisk lagra først nederst og så øverst ser ut til å ha mindre vekttap. Dette er trolig fordi denne fisken får minst avrenning første uka fordi den ligger i lake som samler seg nederst i karet.

Tabell 2 Kjemisk sammensetning av torsk før salting og 3 og 4 uker etter salting (vekt-%)

	Protein	Aske	Vann	(Sum)
Fersk torsk	18.0	1.2	81.3	(100.5)
<b>Lagret 3 uker</b>				
Øverst i kar	24.0	21.0	55.7	(100.7)
I midten av kar	24.8	20.8	55.0	(100.6)
Nederst i kar	22.9	21.9	55.3	(100.1)
<b>Lagret 4 uker</b>				
Først nederst så øverst	23.2	21.9	55.4	(100.5)
I midten hele tiden	23.3	21.7	55.5	(100.5)
Først øverst så nederst	23.5	21.3	55.1	( 99.9)

Den kjemiske analysen viser at det var ingen betydelig forskjell i kjemisk sammensetning mellom fisk lagret på forskjellige nivå i karet. Det var heller ingen forskjell i kjemisk sammensetning mellom fisk lagret 3 uker uten press og etter en ekstra uke med press (totalt 4 uker). Dette betyr at proteintapet er minst i fisk lagret nederst i første fase. Årsaken er trolig at det er minst avrenning fra denne fisken.

Det ble målt et vekttap på 3 % den siste uka. Da kjemisk sammensetning er lik etter 3 og 4 uker, tyder dette på at det er ca like stort tap av både protein, mineraler og vann. Et tilsvarende proteintap kunne ikke påvises i det lille lakevolumet som ble tappet av etter 4 uker mens fisken lå under press.



Figur 1 Proteintap i løpet av salteperioden på 28 døgn i saltforsøket på Brensholmen, beregnet ut fra vektutvikling og proteininnhold i fisken.

Tabell 3 Proteintap beregnet ut fra vektutvikling og analysert proteininnhold i fisken, fra dag 0 til dag 21 og 28; angitt i kilo og i % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet.

Saltetid	Proteintap (kg)	Proteintap (%)
Råstoff	0	0
21 døgn	4,96	7,2
28 døgn	8,75	12,7

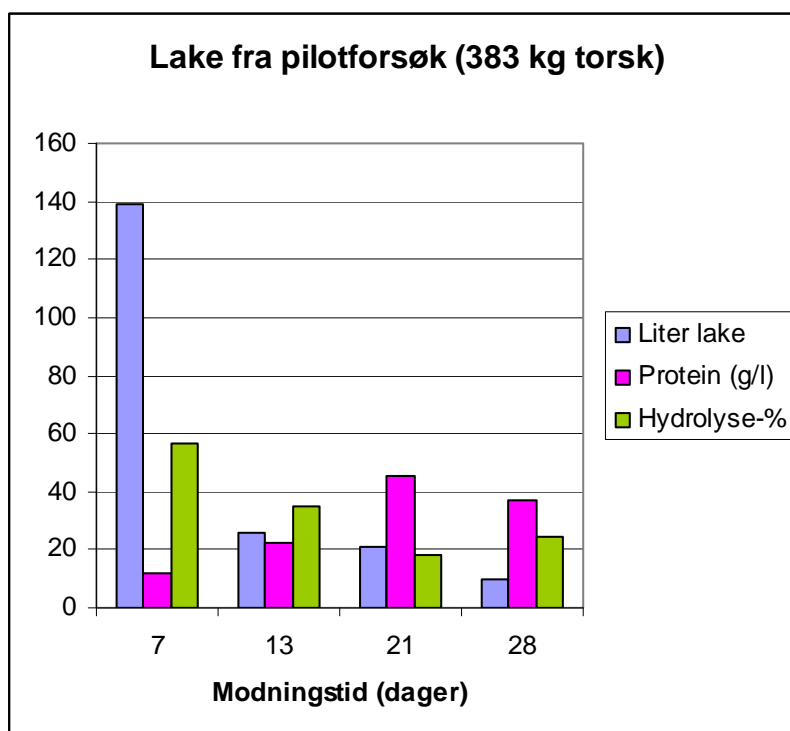
Proteintap beregnet på bakgrunn av utvikling i vekt og proteininnhold i fisken viser et totalt tap etter 4 uker salting på 12,7 % av den opprinnelige proteinmengden i råstoffet (tabell 3). Beregningene indikerer at proteintapet var størst i siste fasen av salteperioden, etter at ekstra press (600 kg/m<sup>2</sup>) ble lagt på fisken. Etter 21 døgn salting var proteintapet 7,2 % mens det etter 28 døgn saltetid hadde økt til 12,7 %. I forsøket ble all laken tappet av fisken etter 7, 13, 21 og 28 døgn salting. Lakemengden som rant av minket utover i salteperioden, slik at graden av "tørresalting" var høyere i siste del av forsøket enn første. Sammen med at ekstra vekt ble lagt på toppen, har dette medvirket til at presset på fisken var betydelig større i den siste uken av saltingen (21 – 28 døgn), noe som kan forklare det store proteintapet i denne perioden

Av det totale proteintapet på 12,7 % ble 5,1 % gjenfunnet i laken (tabell 4). Ut fra disse tallene "mangler" 7,6 % av proteinet. Dette kan skyldes at en del tapt protein trolig felles ut fra laken og avleires i saltet som ligger mellom fiskene.



Tabell 4 Protein målt i laken i saltforsøket på Brensholmen.

Dato	Lagring		Vekt (kg)	Protein (%)	Protein (kg)	Proteintap (% av råstoff)
	Dg	°C				
Råstoff			383	18	68,9	100
Lake:						
30.05: L1	7	11	165	1,0	1,65	2,4
05.06: L2	6	12	31	1,9	0,59	0,9
13.06: L3	8	4	25	3,8	0,95	1,4
20.06: L4	7	4	10	3,1	0,31	0,4
Sum i laken			231		3,5	5,1



Figur 2 Lakevolum, proteinkonsentrasjon i laken og proteinets hydrolysegrad etter forskjellig modningstid. (Lakevolum etter 28 dager måtte estimeres fordi litt lake lå igjen i bunnen av karet ved avslutning av forsøket).

Figur 2 viser at avrenningen er størst den første uka og avtar etter hvert. Hydrolysegraden avtar også, men øker litt siste uka etter at det er lagt press på fisken.

Innvollsfraksjonen hos torsk er rik på enzymer som kan bryte ned protein (proteaser) (Gildberg, 2004). Torsk som saltes er sløyd og vasket i kaldt vann før den blir saltet. Det aller meste av innvollsenzymene vil derfor være fjernet, men også muskelen inneholder en god del enzymer som kan bryte ned protein. Dette er først og fremst en gruppe forskjellige enzymer som kalles kathepsiner (Gildberg, 1988). Kathepsinene er mest aktive i surt miljø, men de hemmes vanligvis av salt. Tabell 5 viser aktiviteten av proteaser i lakefraksjonene som vart samla opp.

Tabell 5 Proteaseaktiviteter i lakefraksjonene målt ved pH 4,3 (hemoglobinsubstrat) og 6,85 (caseinsubstrat). (Enzymaktivitet er målt som  $\mu\text{mol tyrosin ekv/ml} \times \text{time}$ )

	L 1	L 2	L 3	L 4
Aktivitet i surt miljø (pH 4.3)	0.297	0.318	0.439	0.589
Aktivitet i nøytralt miljø (pH 6.85)	0.258	0.254	0.254	0.275

Det vart målt lav aktivitet i lakene, men tilstrekkelig til at den har betydning for frigjøring og nedbryting av protein. Aktivitet ved nøytral pH er like stor i alle lakene, mens aktivitet i surt miljø øker til det dobbelte fra første til siste lakeuttak. Dette gjenspeiler trolig den økte lekkasje av muskelprotein som skjer i samme periode (Tabell 4 og 6).

Tabell 6 Aminosyresammensetning i laker og proteinfraksjoner fra torsk. Tallene viser g aminosyre/100 g aminosyreblending målt i hydrolyserte proteinprøver. Tabellen angir også total mengde aminosyrer i lakene målt i g/ 100 g lake.

Aminosyre	L1	L2	L3	L4	Muskel	Kollagen#	Sarcopl.p	Myofibrillp.
Asparaginsyre	7.7	8.7	9.7	10.3	9.8	6.4	11.5	11.5
Glutsaminsyre	10.2	10.6	11.4	11.9	15.2	9.7	11.9	16.7
Hydroksyprolin						6.8		
Serin	6.0	6.0	6.2	5.7	4.8	6.1	4.5	4.6
Glycin	16.6	12.8	11.4	9.4	5.3	24.9	5.9	4.0
Histidin	2.3	2.3	2.1	2.5	2.3	1.7	2.8	2.2
Arginin*					7.1	8.6	7.0	6.9
Treonin	5.0	5.0	4.8	5.0	4.9	2.5	4.3	4.5
Alanin	12.6	11.5	11.0	9.6	6.3	8.5	6.9	5.7
Prolin	2.8	2.8	2.8	2.8	3.7	10.4	3.1	2.9
Tyrosin	2.2	2.3	2.4	3.3	3.5	0.8	3.3	4.0
Valin	5.2	5.5	5.9	6.3	5.4	1.8	6.4	5.5
Metionin	2.1	2.3	2.1	2.6	3.6	2.3	3.2	3.7
Isoleucin	4.3	4.6	4.8	5.5	5.0	1.3	5.5	5.2
Leucin	6.3	6.4	6.6	7.1	8.7	2.4	8.3	8.9
Fenylalanin	7.0	7.8	7.6	8.5	4.5	1.8	5.7	4.2
Lysin	9.9	11.5	11.4	9.5	9.7	3.7	9.6	9.7
Aminosyrer i ake**								
Totalt (g/100 g lake)	0.39	0.68	0.96	1.78				

\*Arginin kunne ikke måles i lakene fordi et ukjent stoff forstyrret analysen.

\*\*Det er antatt at prøvene inneholder 7 % arginin (ikke målt) og at de frysetørkede prøvene brukt til aminosyreanalyse inneholdt 5 % vann. #Arnesen & Gildberg (2007).

Tabell 6 viser aminosyresammensetning til proteinet i lake samlet opp første, andre, tredje og fjerde uke etter salting sammenlignet med aminosyresammensetning i torskemuskel og i de tre viktigste proteinfraksjonene i torskemuskel; kollagen (bindevev), sarcoplasmaproteiner (vannløselige proteiner) og myofibrillproteiner (muskelfiberproteiner). I tillegg til disse tre hovedfraksjonene av protein inneholder fiskemuskel en god del frie aminosyrer. Av disse er det vanligvis mest av lysin, glycin og alanin (Hansen *et al.*, 2007). Glycin er den aminosyren det finnes mest av i bindevevsprotein kollagen, mens glutaminsyre og asparaginsyre er de to aminosyrene det finnes mest av i både sarcoplasma- og myofibrillprotein.

Tabellen viser at prosentvis innhold av glycin er svært høyt i lake samlet opp første uke for senere å avta noe. Det samme gjelder også alanin om enn i noe mindre grad. Tendensen er motsatt når det gjelder glutaminsyre og asparaginsyre som det er mye av i muskelproteiner. Samlet kan disse observasjonene tolkes som at bindevevsproteiner og frie aminosyrer raskt ekstraheres ut i laken, mens muskelproteinene etter hvert utgjør en større del av lakeproteinene. Dette kan forklares med at mye av bindevevsproteinene i fiskeskinn og skjell (kollagenet) blir ekstrahert i saltoppløsninger selv ved lav temperatur (McBride *et al.*, 1960), mens muskelproteinene i første omgang vil være beskyttet av bindevevshylstre (Børresen, 1976). Alle lakefraksjonene har høyt, og relativt jevnt nivå av lysin. Dette kan forklares med at lysinet i de første lakefraksjonene hovedsakelig skyldes fritt lysin, som det finnes mye av i torskemuskel, mens utvasking av fritt lysin etter hvert blir kompensert for med tilførsel av lysin fra andre muskelproteinfraksjoner (sarcoplasma og myofibrill) som også har et høyt innhold av lysin.

Total mengde aminosyre i lakefraksjoner viser at protein/aminosyre-konsentrasjon i lake samlet opp i løpet av fjerde uke er 4-5 ganger høyere enn i lake samlet opp i løpet av første uke. Men på grunn av den store lakemengden samlet opp første uke (Tabell 4), fant vi ca halvparten av lakeproteinene her. I hver av de tre påfølgende ukene vart omkring 15 – 20 % av lakeproteinene samlet opp.

## 3.2 Småskala saltforsøk 1: Effekt av temperatur

### 3.2.1 Pickelsalting i 9 døgn ved tre temperaturer

Tabell 7 Beregna saltfiskvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 9 døgn pickelsalting ved ulike temperaturer (2, 10 og 20 °C). N = 5.

Modningstemperatur	Utbytte etter 9 døgn (saltfiskvekt i % av råstoffvekt)	Stdav
2 °C	75,2 %	1,3
10 °C	72,5 %	0,6
20 °C	71,8 %	0,8

Tabell 7 og 8 viser vektutbytter og saltinnhold som indikerer at filetene langt på vei var saltmettet etter 9 døgn pickelsalting. Tabell 7 viser en klar sammenheng mellom temperatur og utbytte, som indikerer at saltmodningen som ventet har forløpt raskere ved 20 °C enn ved 2 °C.

Tabell 8 Kjemisk sammensetning av torskfileter før salting og etter 9 døgn pickelsalting ved tre ulike temperaturer (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Saltetid	Temperatur	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff		17,9 (0,6)	81,3 (0,7)	0,71 (0,01)	99,9
9 døgn pickel	02 °C	22,3 (0,3)	57,1 (0,4)	19,2 (0,35)	98,6
	10 °C	23,0 (1,0)	57,2 (0,8)	19,5 (0,68)	99,6
	20 °C	22,4 (1,7)	57,4 (1,2)	19,7 (0,51)	99,5

Tabell 9 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 9, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Saltetid	Temperatur	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff		0	0
9 døgn pickel	02 °C	6,0	2,4
	10 °C	6,8	3,5
	20 °C	9,9	7,0

Tabell 9 indikerer at det under pickelsalting var en sammenheng mellom proteintap og temperatur, slik at beregnet proteintap i snitt var høyest (9,9 %) etter 9 døgn modning ved temperatur 20 °C og lavest (6,0 %) ved 2 °C. Det var imidlertid stor spredning i proteintap mellom filetene i prøvene (tabell 9), særlig ved den høyeste modningstemperaturen.

Tabell 10 Protein (mg/g lake + salt) og protease (U\*/ml lake) etter 9 døgn pickelsalting ved ulike temperaturer (2, 10 og 20 °C).

Temperatur	Protein	Protease pH 3.6	Protease pH 7.5
2 °C	1.37	0.192	0.250
10 °C	1.39	0.048	0.142
20 °C	1.81	-	0.250

\*U =  $\mu\text{mol Tyr ekv./time}$

Det ble målt lavt proteininnhold i lake/salt blanding ved alle temperaturer etter 9 døgn modning ved pickelsalting. Proteaseaktivitet ved lav pH forsvant ved den høyeste temperaturen, mens nøytral protease så ut til å beholde aktiviteten (tabell 10).

### 3.2.2 Lakesalting i 9 døgn ved tre temperaturer

Tabell 11 Beregna saltfiskvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 9 døgn lakesalting ved ulike temperaturer (2, 10 og 20 °C). Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Modningstemperatur	Utbytte etter 9 døgn (saltfiskvekt i % av råstoffvekt)	Spredning (stdav)
2 °C	98,1	6,1
10 °C	96,0	3,2
20 °C	92,9	5,0

Vektutviklingen under 9 døgn saltmodning forløp vesentlig forskjellig når saltemetoden var lakesalting (tabell 11), sammenlignet med pickelsalting (tabell 7). Et vanlig problem ved lakesalting uten omrøring er at det dannes sjikt, med tilnærmet ferskvann på overflaten av laken. Saltgradienten som på denne måten oppstår fra bunn til topp i saltekaret gir stor variasjon i saltopptak og vanntap, noe som var tilfelle i dette forsøket. Resultatet var at mens noen fileter etter 9 døgn i lake hadde redusert vekten med ca 10 % så hadde andre fileter faktisk økt i vekt. Likevel var vektreduksjonen etter 9 døgn lakesalting i snitt større ved 20 °C enn ved 10 °C og 2 °C.

Tabell 12 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 9 døgn lakesalting ved tre ulike temperaturer (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Saltetid	Temperatur	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff		17,9 (0,6)	81,3 (0,7)	0,71 (0,01)	99,9
9 døgn lake	02 °C	15,7 (0,9)	66,7 (1,8)	16,2 (0,74)	98,7
	10 °C	17,0 (1,4)	65,1 (3,7)	16,2 (0,74)	98,3
	20 °C	16,6 (1,3)	65,8 (1,7)	16,9 (0,55)	99,3

Tabell 12 viser at vanninnholdet var betydelig høyere og saltinnholdet betydelig lavere etter 9 døgn i lake enn etter 9 døgn pickelsalting (tabell 8).

Tabell 13 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 9, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

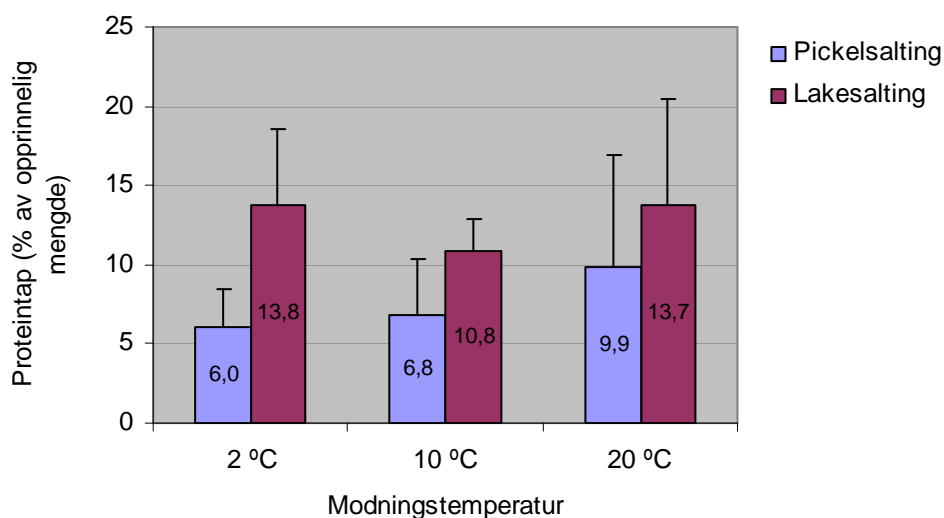
Saltetid	Temperatur	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff		0	0
9 døgn pickle	02 °C	13,8	4,8
	10 °C	10,8	2,1
	20 °C	13,7	6,8

Tabell 13 viser at beregnet proteintap etter 9 døgn lakesalting var betydelig høyere enn etter tilsvarende lang pickelsalting ved samme temperatur (tabell 9). Tabell 13 indikerer heller ingen sammenheng mellom høy modningstemperatur og høyt proteintap, slik det var tilfelle for pickelsalting.

Tabell 14 Protein (mg/g lake) og proteaser (U/ml lake) etter 9 døgn lakesalting ved ulike temperaturer (2, 10 og 20 °C).

Temperatur	Protein	Protease pH 3.6	Protease pH 7.5
2 °C	2.66	0.061	0.183
10 °C	3.22	0.026	0.183
20 °C	3.56	-	0.312

Tabell 14 viser at proteinkonsentrasjonen i laken blir høyere enn ved pickelsalting og øker med økende modningstemperatur. Dette er som forventet, og skyldes trolig både økt kjemisk ekstraksjon og nøytrale proteaser. Aktiviteten av sure proteaser avtok med økende temperatur.



Figur 3 Beregnet proteintap under 9 døgns pickelsalting og lakesalting i småskalaforsøk 1, temperatur 2, 10 og 20 °C. N=5:

### 3.3 Småskala saltforsøk 2: Effekt av saltetid

I dette forsøket lå noen av filetene i pickle-laken frem til 21 døgns etter første salting. Dette er lang tid sammenlignet med vanlig praksis i industrien, men også der lar noen saltfisken ligge urørt i pickelsalting mer enn to uker før første omlegging til tørrsalting.

#### 3.3.1 Pickelsalting i 4, 9, 15 og 21 døgns ved temperatur 10 °C

Tabell 15 Beregna saltfiskvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 4, 9, 15 og 21 døgns pickelsalting ved temperatur 10 °C. Spredning er angitt som standardavvik, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgns)	Utbytte (%) (saltfisk vekt i % av råstoff)	Stdav
Råstoff	0 d	100	0
Pickelsalting	4 d	73,7	1,6
	9 d	74,7	1,7
	15 d	74,9	1,6
	21 d	75,7	1,4

Tabell 15 viser at allerede etter 4 døgns pickelsalting hadde hele vektreduksjonen funnet sted. Videre utover til 9, 15 og 21 døgns pickelsalting var vekten stabil, eller økte litt.

Tabell 16 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 4, 9 og 21 døgns pickelsalting ved temp. 10 °C, (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgns)	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff	0 d	17,9 (0,6)	81,3 (0,7)	0,71 (0,01)	99,9
Pickelsalting	4 d	22,7 (0,5)	57,9 (0,2)	18,9 (0,46)	99,4
	9 d	22,8 (0,9)	56,9 (0,4)	19,6 (0,13)	99,2
	21 d	22,2 (0,5)	57,2 (0,3)	20,1 (0,38)	99,5

Tabell 16 viser at mens saltinnholdet i filetene økte fra 4 til 21 døgn pickelsalting, så var protein- og vanninnholdet relativt stabilt.

Tabell 17 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 4, 9 og 21, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

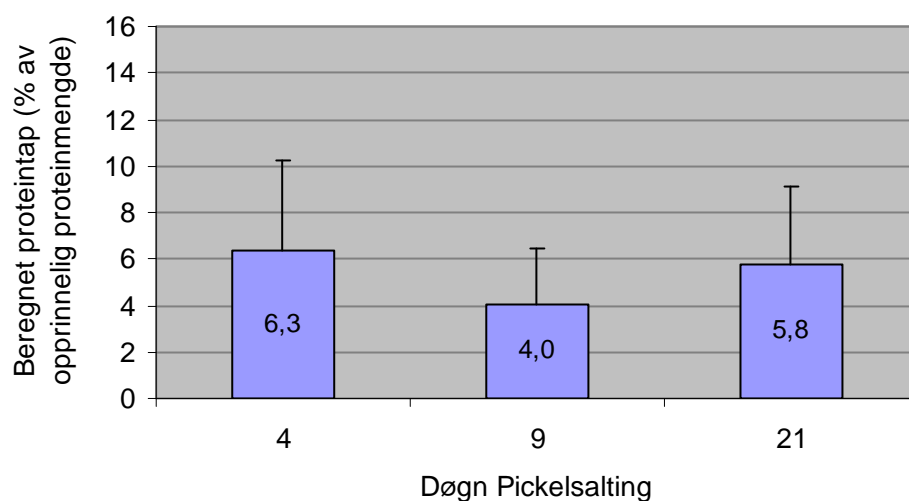
Saltemetode	Saltetid (døgn)	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff	0 d	0	0
Pickelsalting	4 d	6,3	3,9
	9 d	4,0	2,4
	21 d	5,7	3,3

Tabell 17 viser at i dette saltforsøket var det beregnede proteintapet relativt høyt allerede etter 4 døgn pickelsalting, og at det etter dette ikke økte frem til modningstid 21 døgn. Spredningen mellom filetene var imidlertid stor ved alle tre tidspunkt der det ble tatt ut prøver.

Tabell 18 Protein (mg/g lake + salt) og proteaseaktivitet (U/ml lake) etter modning ved pickelsalting i ulik tid (4, 9 og 21 døgn) ved 10°C

Tid (døgn)	Protein	Protease pH 3.6	Protease pH 7.5
4 døgn	1,31	0,279	-
9 døgn	2,14	0,017	0,217
21 døgn	2,59	0,380	0,062

Tabell 18 viser betydelig økning av protein i laken ved økende modningstid. Det er her vanskelig å se klare trender ut fra enzymmålingene, men det ble målt lav aktivitet av sur protease etter 9 døgn og klart høyere etter 21 døgn. Dette kan skyldes noe oppvekst av saltelskende bakterier.



Figur 4 Beregnet proteintap i småskalaforsøk 2, pickelsalting i 21 døgn. N=5:

I dette forsøket er det dårlig samsvar mellom målt protein i laken og proteintap beregnet ut fra proteinmåling i saltfisk og råstoff. Årsaken til dette er ikke klar, men dersom vi legger størst vekt på råstoff/produkt-målingene så tyder disse på at proteintapet i hovedsak har skjedd de fire første dagene av modningen.

### 3.4 Småskala salteforsøk 3: Effekt av saltemetode

#### 3.4.1 Pickelsalting

Tabell 19 Beregna saltfiletvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 5 og 20 døgn salting ved temperatur 10 °C. Spredning er angitt som standardavvik, n = 5.

Prosesstrinn	Saltetid døgn etter første salting	Utbytte (%) (saltfisk vekt i % av råstoff)	Stdav
Råstoff	0 d	100	0
Pickelsalting	5 d	75,0	0,8
Tørresalting	20 d	62,3	2,6

Tabell 20 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 0, 5 og 20 døgn salting ved temp. 10 °C, (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Prosesstrinn	Saltetid (døgn)	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff	0 d	17,6	81,1	0,8	99,5
Pickelsalting	5 d	22,5	56,8	19,2	98,5
Tørresalting	20 d	24,7	53,0	20,8	98,5

Tabell 21 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 4, 9 og 20, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn)	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff	0 d	0	0
Pickelsalting	5 d	3,9	1,57
Tørresalting	20 d	12,8	0,71

Fem døgn etter salting var proteinmengden i lake/saltblanding 1.75 mg/g, mens proteaseaktiviteten ved pH henholdsvis 3.6 og 7.7 var 0.108 og 0.116 U/ml lake.

#### 3.4.2 Pickelsalting + laketilsetning (20%)

Tabell 22 Beregna saltfiletvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 5 og 20 døgn salting ved temperatur 10 °C. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Prosesstrinn	Saltetid døgn etter første salting	Utbytte (%) (saltfisk vekt i % av råstoff)	Stdav
Råstoff	0 d	100	0
Pickelsalting	5 d	77,53	1,12
Tørresalting	20 d	64,59	3,17



Tabell 23 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 0, 5 og 20 døgn salting ved temp. 10 °C, (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn)	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff	0 d	17,6	81,1	0,8	99,5099,50
Pickelsalting+lake	5 d	22,2	57,6	19,7	99,50
Tørresalting	20 d	24,0	53,6	20,6	98,2

Tabell 24 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 5 og 20, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn)	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff	0 d	0	0
Pickelsalting + lake	5 d	2,1	2,03
Tørresalting	20 d	12,0	0,75

Fem døgn etter salting var proteinmengde i lake/saltblanding 1.71 mg/g, mens proteaseaktivitet ved pH henholdsvis 3.6 og 7.7 var 0.104 og 0.133 U/ml lake.

### 3.4.3 Lakesalting

Tabell 25 Beregna saltfiletvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 5 og 20 døgn salting ved temperatur 10 °C. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Prosesstrinn	Saltetid (døgn)	Utbytte (%) (vekt i % av råstoff)	Stdav
Råstoff	0 d	100,0	0
Lakesalting (20 %)	1 d	104,8	2,4
Pickelsalting + lake (20 %)	5 d	81,2	1,9
Tørresalting	20 d	66,7	2,6

Tabell 26 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 0, 5 og 20 døgn salting ved temp. 10 °C, (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn)	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff	0 d	17,6	81,1	0,8	99,5
Lakesalting (20%)	1 d				
Pickelsalting+lake (20%)	5 d	20,8	58,4	20,0	99,2
Tørresalting	20 d	22,9	54,1	21,4	98,4

Tabell 27 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 5 og 20, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn)	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff	0 d	0	0
Lakesalting (20 %)	1 d		
Pickelsalting m/lake (20 %)	5 d	4,4	2,7
Tørresalting	20 d	13,1	0,78

Tabell 28 Protein (mg/g) og proteaseaktivitet (U/ml lake) ved lakesalting etter 1 og 5 døgn.

Tid	Protein	Protease pH 3.6	Protease pH 7.7
1 døgn	2.19	0.191	0.050
5 døgn	1.28	0.120	0.149

Mens proteinkonsentrasjonen er lavere i lake etter fem enn etter ett døgn er aktiviteten av sur protease den samme mens nøytral proteaseaktivitet øker.

#### 3.4.4 Injisering

Tabell 29 Beregna saltfiletvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 5 og 20 døgn salting ved temperatur 10 °C. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Prosesstrinn	Saltetid døgn etter første salting	Utbytte (%) (saltfisk vekt i % av råstoff)	Stdav
Råstoff	0 d	100	0
Injisering	1 d	125,05	3,77
Pickelsalting + lake (20%)	5 d	93,04	3,30
Tørresalting	20 d	74,99	2,74

Tabell 30 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 0, 5 og 20 døgn salting ved temp. 10 °C, (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn etter første salting)	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff	0 d	17,6	81,1	0,8	99,5
Injisering	0 d				
Pickelsalting+lake (20%)	5 d	18,7	60,1	19,8	98,6
Tørresalting	20 d	20,3	56,2	22,0	98,5

Tabell 31 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 5 og 20, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Saltemetode	Saltetid (døgn)	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff	0 d	0	0
Injisering	0 d		
Pickelsalting+lake (20%)	5 d	1,3	1,0
Tørssalting	20 d	13,6	0,79

Fem døgn etter injisering var proteinkonsentrasjonen i lake 1,73 mg/g mens proteaseaktivitet ved henholdsvis pH 3,6 og 7,7 var 0,166 og 0,108 U/ml.

### 3.4.5 Tørssalting

Tabell 32 Beregna saltfiletvekt (utbytte) i forhold til 0-prøve etter 5 og 20 døgn salting ved temperatur 10 °C. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

Prosesstrinn	Saltetid døgn etter første salting	Utbytte (%) (saltfisk vekt i % av råstoff)	Stdav
Råstoff	0 d	100	0
Tørssalting	5 d	70,57	1,22
Tørssalting	20 d	61,57	2,60

Tabell 33 Kjemisk sammensetning av torskefileter før salting og etter 0, 5 og 20 døgn tørssalting ved temp. 10 °C, (vekt-%). Standardavvik er angitt i parentes, n = 5.

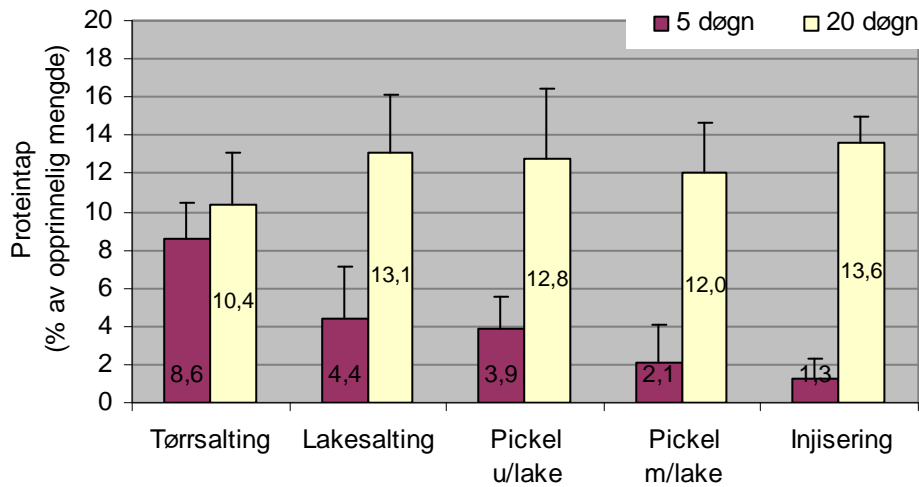
Saltemetode	Saltetid (døgn)	Protein (%)	Vann (%)	Salt (%)	Sum
Råstoff	0 d	17,6	81,1	0,8	99,5
Tørssalting	5 d	22,8	57,9	18,4	99,1
Tørssalting	20 d	25,6	51,9	20,9	98,4

Tabell 34 Beregnet proteintap fra dag 0 til dag 5 og 20, angitt som % av opprinnelig proteinmengde i råstoffet. Spredning angitt som standardavvik, n = 5.

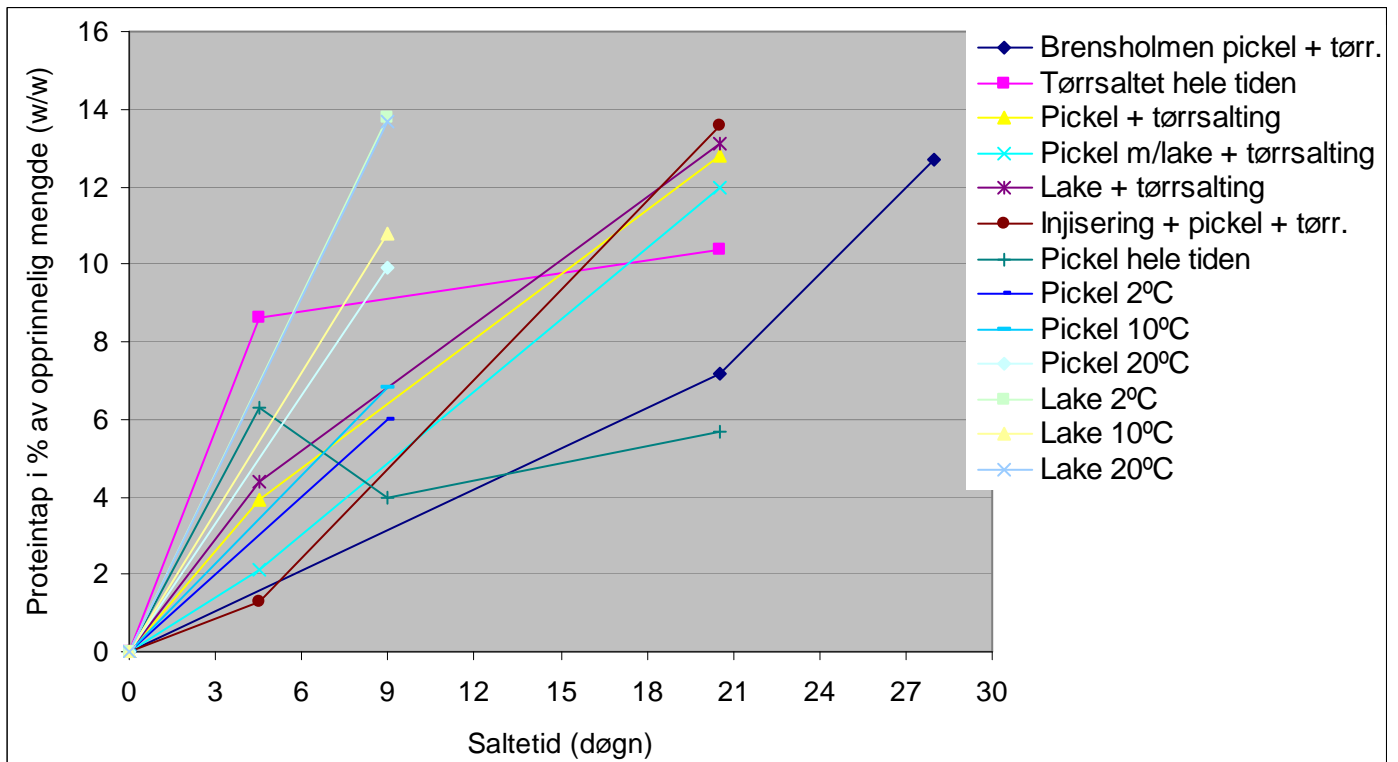
Saltemetode	Saltetid (døgn)	Proteintap (%)	Stdav
Råstoff	0 d	0,0	0,0
Tørssalting	5 d	8,6	1,82
Tørssalting	20 d	10,4	0,84

Etter tørssalting i fem døgn var proteinkonsentrasjon lake/salt blanding 1.14 mg/g, mens proteaseaktivitet ved henholdsvis pH 3.6 og 7.7 var 0.108 og 0.079 U/ml lake.

### 3.5 Proteintap – oppsummering av resultater



Figur 5 Beregnet proteintap etter 5 døgn og 20 døgn salting i fem ulike salteprosesser, der første saltetrinn var forskjellige mens de alle ble avsluttet med ca 2 uker tørrsalting.



Figur 6 Proteintap som funksjon av saltetid ved forskjellige saltemetoder i liten skala og ved pickel/tørrsalting i fullskalaforsøk.

## 4 Konklusjon

### 4.1 Proteintap

I storskala salteforsøk (pickelsalting) ble 12,7 % av den opprinnelige proteinmengden i råstoffet tapt i løpet av fire ukers saltmodning. I dette forsøket var proteintapet størst i siste uken av saltmodningen, der fisken ble tørrsaltet med ekstra press (600 kg/m<sup>2</sup>).

Forsøk i modellskala der torskefilet ble saltet ca tre uker i 5 ulike salteprosesser viste at proteintapet i den innledende fasen av saltmodningen var avhengig av saltemetode. Etter de første 5 døgn i salt varierte proteintapet fra 1,3 % til 8,6 % avhengig av hvilken saltemetode som ble benyttet. Proteintapet var i denne fasen størst ved tørrsalting og minst ved saltinjisering. Etter videre tørrsalting frem til tre uker, er forskjellene mellom saltemetodene langt på vei utlignet. Ved avslutning av forsøket hadde filetene som ble injisert som første saltetrinn tapt mest protein (13,6 %), mens filetene som var tørrsaltet hele tiden hadde tapt minst protein (10,4 %). Ved de andre tre salteprosessene var tapet fra 12,0 % til 13,1 % av det opprinnelige proteinet. Konklusjonen blir at uansett saltemetode i første saltetrinn ble i snitt 10–14 % av den opprinnelige proteinmengden tapt under ca 3 uker saltmodning der prosessen ble avsluttet med et tørrsaltetrinn.

Småskala forsøk med ulike modningstemperaturer viste tendens til at proteintapet økte med økende temperatur når saltemetoden var pickelsalting. Når saltemetoden var lakesalting var det ingen sammenheng mellom temperatur og proteintap.

Selv om injeksjonssalting i vårt forsøk ga relativt stort proteintap, er denne metoden interessant fordi saltet her straks fordeles i hele filéten. Dette er viktig først og fremst fordi aktiviteten av de fleste proteolytiske enzymene i muskelen hemmes kraftig av salt. Injeksjonssalting kan dermed bidra til redusert tap av nedbrutt muskelprotein.

### 4.2 Protein i laken

Storskalaforøk med pickelsalting viste at både væsketapet og proteinmengden i laken var størst den første uka. Omkring 70 % av lakevolumet og 50 % av proteinmengden i laken ble skilt ut i denne perioden. De kjemiske analysene tyder på at det særlig er frie aminosyrer og bindevevsproteiner som lekker ut i første saltefase, men etter hvert som membraner og cellestrukturer bryter sammen lekker stadig mer av muskelprotein ut i laken. Beregninger viste at mye av det tapte proteinet ikke kom ut i laken. Dette tyder på at en god del protein også avleires i det fuktige saltet.

Proteinkonsentrasjonen i lake er vanligvis svært lav (< 1 %), og det er vanskelig å tenke seg at lakeprotein kan utnyttes kommersielt, kanskje med ett unntak: Dersom fersk lake kan steriliseres på en rasjonell måte, kan den kanskje brukes til injeksjonssalting etter at saltkonsentrasjonen er justert til riktig nivå.

### 4.3 Videre arbeid

Hovedkonklusjonen fra disse resultatene er at både saltemetode, temperatur og press har stor betydning for proteintapet. Forsøkene har gitt interessante resultater, men det vil være viktig å utføre flere kontrollerte forsøk i liten skala for å få bedre kunnskap om samspill mellom disse faktorene før det gjøres optimaliseringsforsøk i pilotskala.



## 5 Litteraturliste

- Akse, L., Birkeland, S., Tobiassen, T., Joensen, S. & Larsen, R. (2008) Injection-salting and cold-smoking of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at different stages of *rigor mortis*: Effect on physical properties. *J. Food Sci.*, 73, E378-E382.
- Arnesen, J.A., & Gildberg, A. (2006) Extraction of muscle protein and gelatine from cod head. *Process Biochem.*, 41, 697-700.
- Arnesen, J.A. & Gildberg, A. (2007) Extraction and characterisation of gelatine from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. *Bioresource Technol.* 98, 53-57.
- Beddows, C.G., Ismail, M. & Steinkraus, K.H. (1976) The use of bromelain in the investigation of fermented fish aroma. *J. Food Technol.*, 11, 379-388.
- Birkeland, S. & Bjerkeng, B. (2004) Extractabilities of astaxanthin and protein from muscle tissue of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by brine concentration and pH. *Food Chem.* 85, 559-568.
- Børresen, T. (1976) Isolering og karakterisering av cellehylsteret i muskelceller hos torsk. I: Dr. Thesis. Institut for teknisk biokjemi. NTH-Trondheim, 103 sider.
- Gildberg, A. (1988) Aspartic proteinases in fishes and aquatic invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91B, 425-435.
- Gildberg, A. (2004) Digestive enzyme activities in starved pre-slaughter farmed and wild-captured, Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 238, 343-353.
- Haard, N.F. (1995) Composition and nutritive value of fish proteins and other nitrogen compounds. In: *Fish and Fishery Products*. (A. Ruiter, Ed.) CAB International, Wallingford, s. 77-115.
- Hansen, A.C., Rosenlund, G., Karlsen, Ø., Koppe, W. & Hemre, G.I. (2007) Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I – Effect of growth and protein retention. *Aquaculture*, 272, 599-611.
- Lauritzen, K., Akse, L., Johansen, A. Joensen, S., Sørensen, N.K. & Olsen R.L. (2004) Physical and quality attributes of salted cod (*Gadus morhua* L.) as affected by the
- Martinez-Alvarez, O. & Gómez-Guillén, M.C. (2005) The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*). *Food Chem.*, 92, 71-77.
- McBride, J.R., MacLeod, R.A & Idler, D.R. (1960) Seasonal variation in collagen content of Pacific herring. *J. Fish Res. Bd Can.*, 16, 913-918.
- Tórarinsdóttir, K.A., Stefánsdóttir, K.A. & Aarason, S. (2005). Protein I frárenslivatni. *Rannsóknastofnun Fiskidnadrins, Verkefnaskýrsla*, 24-05.





