

# **Fryseskader på tørrfisk**

## **Sluttrapport**

Sjúrdur Joensen og Jens Østli





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 400 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1431 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
NO-5141 Fyllingsdalen

**Sunnalsøra:**

Sjølseng  
NO-6600 Sunndalsøra

**Averøy:**

Ekkilsøy  
NO-6530 Averøy

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140  
Faks: 64 97 03 33  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)  
Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835 MVA**

# Rapport

	ISBN: 978-82-8296-104-2(trykt) ISBN: 978-82-8296-105-9 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Tittel:</i> <b>Fryseskader på tørrfisk - sluttrapport</b>	<i>Rapportnr.:</i> 31/2013
	<i>Tilgjengelighet:</i> <b>Åpen</b>
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Sjúrður Joensen og Jens Østli	<i>Dato:</i> 25. juni 2013
<i>Avdeling:</i> Sjømatindustri	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 11
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF #900692
<i>Stikkord:</i> Tørrfisk, frost, kvalitet	<i>Prosjektnr.:</i> 21304
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i>	
<p>Enkelte år gir frost i hengeperioden betydelige fryseskader på tørrfisken. Tørrfisken kan bli helt "frysetørket", såkalt fosfisk, eller få ulike grader av feil som gir kvalitetsreduksjoner. Hovedmålet med prosjektet er å dokumentere effekten av frost på tørrfiskkvaliteten. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond.</p> <p>Det er gjennomført tre forsøk med hending av fisk. Ett i Tromsø høst 2011 med delvis kunstig frysing, ett forsøk på Ballstad våren 2012 og ett forsøk i Tromsø våren 2012. I forsøkene fant vi to klare tegn til fryseskader på tørrfisken. Ved for stor frostbelastning blir muskelen misfarget gul. Når tørrfisken bløytes og lutes blir utbyttet redusert, sammenliknet med fisk som ikke er utsatt for frost.</p> <p>Fisk som henges direkte ut i frost er betydelig mer utsatt for fryseskade sammenliknet med fisk som først er hengt en uke eller mer frostfritt. Vi fant bare gulfarget filet på fisken som var hengt direkte ut i frost.</p> <p>Med utgangspunkt i samme tidsperiode og samme frysetemperatur, så vil tørrfisk som sammenhengende er utsatt for frost i perioden ha større fryseskader enn en fisk som er hengt periodevis i frost og ved temperaturer høyere enn null.</p> <p>Fisk som ble hengt ved -6,2 °C fikk betydelige fryseskader i form av gulfarge i muskelen og redusert utbytte under bløyting og luting. Ved -3,8 °C var skadene betydelig mindre, men det var fortsatt skader med betydning for kvaliteten. Vi fant og skader på enkeltfisk som var hengt i temperaturer helt opp mot -2 °C. Kuldeperiode, vindhastighet og luftfuktighet ( gjerne i kombinasjon) virker antagelig inn på graden av fryseskader, men disse faktorene ble i liten grad studert i dette prosjektet.</p>	
<i>English summary/recommendation:</i>	
<p>It is well known that temperatures below zero during the drying process (which normally lasts for 3 months) may cause quality damages to the dried cod, stockfish, but the mechanisms behind the changes in quality are less known. The main objective of this project was to study the effects of low temperatures in the first 4 weeks of drying. The consequence of low temperatures during the first 4 weeks of drying is a change in texture and color of the stockfish. Another effect is a reduction in rehydrating capacity, thus influencing the yield for the end consumers. The effect is most pronounced if the raw fish is exposed to cold without initial drying. The main message to the industry is to avoid hanging the raw fish in cold weather.</p>	

## **Innhold**

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Problemstilling og formål .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Prosjektgjennomføring.....</b>	<b>2</b>
3.1	Opprinnelig prosjektplan – avtalt med FHF og prosjektets styringsgruppe i 2011.....	2
3.2	Prosjektplan for prosjektets andre del, AP2.....	2
3.3	Delaktivitet 4 i AP2 – Måling av tørkegrad i tørrfisk bakgrunn, gjennomføring og årsak til at aktiviteten ble avsluttet. ....	3
<b>4</b>	<b>Oppnådde resultater, konklusjon .....</b>	<b>5</b>
4.1	Oppsummering.....	5
4.2	Nytteverdi for næringen.....	7
4.3	Forslag til videre forskning .....	8
<b>5</b>	<b>Leveranser .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Kvalitetssikring av gjennomføring og resultater .....</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Vedlegg 1 .....</b>	<b>10</b>

# 1 Innledning

Bakgrunnen for prosjektet er at næringsaktørene prioriterte å jobbe med fryseskader på tørrfisk i en samling for tørrfisksektoren 2011.

Fryseskader er enkelte år et betydelig kvalitetsproblem for næringen. Det fantes lite dokumentasjon om effektene av frost på tørrfiskkvaliteten. Gjennom midlene i FHF's handlingsplan ble det gitt et tilsagn på inntil Kr 2.000.000.

Nofima gjennomførte prosjektet, med Sjurdur Joensen som prosjektleder. Lorena Jornet og Frank Jakobsen fulgte opp prosjektet på vegne av FHF. Det var utnevnt en styringsgruppe for prosjektet bestående av: John Holm, Geir Børre Johansen og Helge Haug.

## 2 Problemstilling og formål

Tørrfisk som er frost-skadet kan i noen tilfeller ha porøs muskelstruktur, og dette kalles fos-fisk. Fos-fisk er en alvorlig kvalitetsfeil og reduserer derfor verdien på fisken som er frostskaadet. Hva som forårsaker fryseskader er imidlertid ikke helt forstått. Antagelig er det en kombinasjon av mange forhold knyttet til

- når i tørkeperioden fisken utsettes for frost
- hvor lenge frostperioden varer
- temperatur
- vindhastighet
- luftfuktighet
- plassering på hjell

Vi ønsket i første omgang å se nærmere på noen av forholdene som en tørrfiskprodusent i praksis kan gjøre noe med. En eventuell sammenheng mellom tiden fra henging (vanninnholdet i råfisken) til frostperioden inntreffer og den påfølgende graden av frostskaade på tørrfisken, vil gi produsentene bedre oversikt over risikoen knyttet til henging av fisk når det er fare for frost. Dersom det eksempelvis er slik at fisken allerede etter 7–10 dager normal tørking tåler mer frost, så kan produsentene ut fra værprognoser velge å henge fisk når risikoen for frostskaader er redusert. Det vil også være viktig å avdekke hvilken frysetemperatur som er kritisk og også hvor lang fryseperioden må være for å gi skade. Eventuelt om skiftende frysing og tining er mer skadelig enn vedvarende frost.

Denne kunnskapen kan bidra til at omfanget av frostskaadet fisk reduseres, og produsentene kan levere jevnere kvalitet og slik ha mulighet til økt fortjeneste på produksjonen.

**Hovedmålet** i prosjektet er å dokumentere effektene av frost på tørrfiskkvaliteten.

Delmål er:

- Dokumentere en eventuell sammenheng mellom tiden fra henging til frosten inntreffer, og fryseskadene på tørrfisken.
- Dokumentere effekten av henholdsvis vedvarende frost og skiftende frost/tining.
- Dokumentere hvilken temperatur som er kritisk for at fryseskader oppstår.

### 3 Prosjektgjennomføring

#### 3.1 Opprinnelig prosjektplan – avtalt med FHF og prosjektets styringsgruppe i 2011

For å belyse problemstillingen og dokumentere effektene av frost på tørrfisk, bør det gjennomføres forsøk både kontrollert innendørs og ved vanlig henging. Kombinasjoner av kontrollert tørking og vanlig utetørking kan også bli gjennomført. Omfanget av forsøkene vil være småskalaforsøk.

Prosjektet er planlagt gjennomført med start i september 2011 og hovedforsøk i 2012. Dette prosjektet omfatter en begrenset del av den totale problemstillingen rundt fryseskader, og vil i hovedsak avdekke noen grunnleggende forhold rundt fryseskader på tørrfisk. Ut fra resultatene som oppnås i dette prosjektet og nye problemstillinger som eventuelt avdekkes i prosjektet kan det tenkes naturlige videreføringer fra sesongen 2013 og utover. En videreføring kan være oppfølging med utprøving av konkrete tiltak for å redusere fryseskader i kommersiell skala.

Prosjektet gjennomføres av Nofima og skal ledes faglig av Sjurdur Joensen som siden 1995 jevnlig har gjennomført prosjekter knyttet til kvalitet på tørrfisk og tørking av fisk. Noen forsøk inkluderer delvis kontrollert tørking. Disse gjennomføres i og ved Nofimas forsøkshall i Tromsø, hvor fryserom og tørkemuligheter utnyttes. I 2012 skal det gjennomføres forsøk med tidlig henging i Lofoten. Det etableres et samarbeid med en tørrfiskprodusent med hjelp fra Faggruppe konvensjonell. Bedriften stiller råstoff, hjell og personal tilgjengelig mot en begrenset kompensasjon som fremkommer i finansieringsplanen.

Prosjektet er planlagt i to arbeidspakker. I arbeidspakke 1 (AP1) vil hovedfokus være rettet mot hvordan graden av fryseskader avhenger av tiden fra henging til fisken utsettes for frost. Disse forsøkene gjøres i småskala med kombinasjoner av naturtørking og kunstig tørking/frysing. Forsøkene gjennomføres ved Nofima i Tromsø. Arbeidspakke 2 (AP2) vil bestå av både kontrollerte forsøk ved Nofima i Tromsø og logginger av temperaturer på fisk hengt på fire tidspunkt, tidlig i hengesesongen, i Lofoten. En mindre delaktivitet, skulle i mer detalj se på sammenhenger mellom vanninnhold og frysetemperatur når fisken endres fra råfisk til tørrfisk.

#### 3.2 Prosjektplan for prosjektets andre del, AP2

Etter at resultatene fra AP1 forelå, ble det i samråd med styringsgruppen besluttet å gjennomføre to hengeforsøk.

**Delaktivitet 1:** Ett forsøk i Lofoten på Ballstad hos Nic Haug AS hvor fisk av ulik størrelse ble hengt på ulike tidspunkt i sesongen.

**Delaktivitet 2:** Ett forsøk i med henging i Tromsø hvor en kunne forvente mer kulde enn i Lofoten. Her ble det lagt opp til å teste ut frostfri henging før henging i frost. I tillegg ble det etter forespørsel fra FHF gjennomført ytterligere 2 aktiviteter:

**Delaktivitet 3:** Undersøke effekten av frost på muskel/cellestruktur ved bruk av mikroskopbilder.

**Delaktivitet 4:** Sammenhengen mellom vanninnhold/tørrhetsgrad og fryseskader.

Arbeid og resultat fra AP 1 og AP2 – delaktivitetene 1, 2 og 3 er rapportert i Nofima rapport 5/2013, og er samtidig den faglige sluttrapporten. Delaktivitet 4 (som da het delaktivitet 3) skulle formidles i en egen rapport. Dette er avtalt med FHF. Imidlertid ble ikke delaktivitet 4 gjennomført etter planen på grunn av problem med metode og måling, og aktiviteten ble derfor avsluttet. Denne begrensede sluttrapporten gis ut etter avtale med koordinator i FHF.

### **3.3 Delaktivitet 4 i AP2 – Måling av tørkegrad i tørrfisk bakgrunn, gjennomføring og årsak til at aktiviteten ble avsluttet.**

#### **Bakgrunn**

Fersk fisk inneholder betydelige mengder vann. Dette vannet kan deles i to typer, bundet vann og fritt vann. Bundet vann er vannmolekyler som er kjemisk bundet til andre molekyler og dette vannet innvirker ikke på de tørke- og fryseprosessene som vi er interessert i her. Bundet vann vil heller ikke kunne fjernes ved ordinær tørking. Det frie vannet finnes i cellene i fiskemuskelen og vil, når det fryser, danne iskrystaller som punkterer og ødelegger celleveggene. Når fisken tiner, greier ikke de ødelagte cellene å holde på vannet og det drenerer ut av fisken. For at en tørrfisk skal kunne rehydrere, det vil si ta opp vann, er man avhengig av intakte celler. Hvis cellene er ødelagte som følge av frysing, vil dette påvirke utbytte og spisekvalitet.

Når fisken henges til tørk i frostfrie omgivelser, vil tørkeprosessen starte umiddelbart. I den første perioden etter henging, så avgis det betydelige mengder vann i form av drypp. Årsaken til dette er gravitasjon, det vil si at tyngdekraften "trekker" på det frie vannet i fisken. Etter en tid slutter det å dryppe og da balanserer gravitasjonskraften av det vi kan kalle kapillærkrefter. Observasjoner av fiskens utseende de første dagene etter henging tyder på at vannet "dreneres" fra sporden og nedover; fisken blir i "drypp-perioden" "innskrunpet" i haleregionen. Det er derimot usikkert hvordan vanninnholdet i fiskens tjukkere deler påvirkes av denne prosessen.

Den andre tørkeprosessen skjer når lufta som omgir fisken har en relativ fuktighet som er lavere enn fiskens. Tørkingen foregår ved at frie vannmolekyler fordamper/rives løs fra fiskens overflate. I motsetning til drypp, er dette en prosess som vanligvis ikke kan observeres med det blotte øye. Effekten av denne tørkeprosessen er at overflaten på fisken vil få lavere fuktighet (er tørrere), men at fuktigheten vil øke innover i fisken. Denne fuktighetsforskjellen (gradienten) vil ikke vedvare. Den vil utlignes ved at fritt vann transporteres fra områder i fiskemuskelen med høy fuktighet til områder i fisken med lav fuktighet. Transporten vil foregå inntil omgivelsesluftas relative fuktighet er i balanse med fiskens fuktighetsnivå. Samtidig med at fisken tørker vil det frie vannets frysepunkt synke og fiskens evne til "å tåle" frost øker.

En utfordring med tørrfisk og tørkeprosessen er at hver enkelt fisk er lite homogen. Deler av fisken er tynn (hale og buk), men andre deler er tukke. Deler av fiskekjøttet er blottet (nakken, buksnittet), mens det øvrige fiskekjøttet ligger under skinn, svarthinne, bein og svømmeblære. Dette gjør at ulike deler av fisken vil tørke ulikt og resultatet vil påvirke de ulike deler av fiskens evne til å tåle frost uten at skader oppstår.

#### **Faktisk gjennomføring av delaktivitet 4**

I samråd med FHF-koordinator ble det gjort et besøk hos Maria Desamparado Vargas Colas. Hun er vitenskapelig ansatt på det polytekniske universitetet i Valencia (UPV) og kan mye om tørking av

matvarer generelt og særlig om den effekten tørking har på nedsettelse av frysetemperaturen. Hennes kunnskaper og erfaringer var særdeles nyttige å ha med seg i det videre arbeidet.

### **Instrumentell måling av tørking – forsøk med ulike målemetodikk**

Det er direkte sammenheng mellom mengden "fritt vann" i et produkt og ved hvilken temperatur det samme produktet fryser. Det finnes flere måter å måle det frie vannet på, og vi testet tre ulike måleprinsipp for å dokumentere tørkegradienten. Den vanligste målemetoden er ved bruk av et **instrument som måler vannaktivitet,  $A_w$**  (Aqua Lab CX-2). Siden vi ønsket å se nærmere på tørkeprosessen i tjukkfisken, trengte vi utstyr som kunne måle det frie vannet som en gradient fra ryggsøyla og ut til skinnet. Hvis man tar ut en plugg fra tjukkfisken og legger hele pluggen i instrumentet, måler man vannaktiviteten som et gjennomsnitt for hele pluggen. Alternativt kan man skjære pluggen i flere deler og måle disse separat. Vi får da ulike  $A_w$  avhengig av hvor mye den delen som måles, har tørket.

En annen metode for vannmåling er **Low-Field Nuclear Magnetic Resonance** forkortet til LF-NMR. Et instrument som anvender denne teknikken finnes hos Nofima, men så langt vi kjenner til har slik instrumentering ikke vært brukt til å måle fritt vann i fiskemuskel med ulike tørrhetsgrad. Vi kontaktet derfor en av de som er best på denne teknikken i Norge (Geir Humbostad Sørland, se vedlegg) og han skrev programmet som gjorde at instrumentet kunne måle vanninnholdet i en inntil 22 mm høy plugg med fiskekjøtt. I praksis måles og beregnes det fritt vann i en lamell på 1 mm. Er pluggen 22 mm høy, får vi dermed ut 22 målinger. De målingene som ble gjort viste tydelige endringer i vanninnholdet i området mellom rygg og skinn ettersom fisken tørket, nøyaktig slik vi ønsket og hadde forutsatt (se vedlegg 1).

Både for å måle  $A_w$  og vanninnhold ved bruk av LF-NMR, boret vi ut en plugg fra fiskemuskelen med et egnet verktøy. Det viste seg fort at det var en utfordring å standardisere pluggene hentet fra ulike fisker. Pluggen kunne falle fra hverandre etter at den ble tatt ut (gjaldt både på relativt våt og helt tørr fiskemuskel), og det var også vanskelig å vite om pluggen hadde sin naturlige lengde etter at den var tatt ut. Selv om vi godt kunne måle vanninnholdet i en plugg, gjorde mangelen på standardisering av prøvene det umulig å sammenligne resultatet fra pluggen hentet fra ulike deler av fisken og mellom ulike fisker. Selv om begge metodene er egnet til å måle innholdet av fritt vann, kunne de ikke brukes i vårt tilfelle grunnet vanskeligheter med å standardisere prøvene (pluggene).

Et tredje forsøk ble gjort for å måle vanninnholdet ved hjelp av lys. Metoden kalles **diffus reflektans spektroskopi**. Som målemateriale brukte vi tverrsnitt fra fersk og delvis tørket fisk. Hele kjøttssida av koteletten ble belyst og resultatene viser at metoden diskriminerer mellom områder av koteletten som inneholder ulike mengder fritt vann. Det er imidlertid utfordringer knyttet til å kalibrere målemetoden til bein og til de delene av fiskekjøttet som ligger ytterst, dvs mot skinnet. Å korrigere for disse forholdene er en omstendelig prosess som krever vesentlig mer arbeid enn hva som var planlagt forbrukt i delaktivitet 4. Den naturlige konklusjon på våre anstrengelser ble derfor å avslutte delaktivitet 4, selv om målsettingene ikke ble oppnådd.



## 4 Oppnådde resultater, konklusjon

### 4.1 Oppsummering

Skader på tørrfisk som følge av frost, kan forekomme i ulike grader og former. På den ene siden kan tørrfiskene være alvorlig skadet, såkalt fosfisk. Denne fisken er svært porøs og vil i liten grad evne å ta opp vann (svelle). På den andre siden finnes feil som er såpass ubetydelige at de betyr lite eller ingenting for kvalitetsgraderingen. Vi fant ingen såkalt fosfisk i våre forsøk, men flere fisk hadde fryseskader som påvirket kvaliteten. Særlig interessant er det å merke seg at selv om vrakingen (utført av kommersielle vrakere) ikke påviste fryseskader, kan dårlig vannopptak av den samme fisken i bløtprosessen være forårsaket av at fisken har vært utsatt for frost. Effektene vi har dokumentert av frost på tørrfiskkvaliteten harmonerer med den kunnskapen som ligger i næringen og litteratur om temaet. Resultatene fra hovedforsøkene er rapportert i Nofima rapport 05/2013.

Under evalueringen av all fisken deltok også to erfarne tørrfiskvrakere som registrerte resultatene av frost både på tørrfiskene og på bløytet fisk.

Våre forsøk viser at frost påvirker fargen i fiskemuskel. Særlig er dette tydelig på bløytet og lutet fisk som hadde gulaktig misfarging. Utbyttet på den samme fisken blir også redusert. I våre forsøk var de klareste tegnene på fryseskader at muskelen var gulaktig og et redusert utbytte på bløytet fisk og lutet fisk. Videre syntes gul farge og redusert utbytte å være mest fremtredende på fisken som var utsatt for temperaturer rundt  $-5\text{ °C}$  ( $-6,2\text{ °C}$ ). Fisk som ble fryst ned til  $-30\text{ °C}$  hadde ikke de samme skadene. Det var mer fryseskader på fisk som ble hengt direkte ut i frost, sammenliknet med fisk som hadde tørket i en kortere eller lengre periode før frysing. Vi observerte også mer fryseskader på fisk som ble utsatt for sammenhengende frost sammenliknet med fisk som fikk periodiske frostbelastninger.

Vi ser i vårt materiale en klar forskjell mellom fisk som er hengt direkte ut i frost sammenliknet med fisk som hang en uke frostfritt. Tydeligst var dette på bløytet fisk der vi så tydelig gul farge på fisk som var hengt direkte i frost og ingen gul farge på fisk som hadde hengt en uke eller mer frostfritt. Tilsvarende fant vi at utbytte fra tørrfisk til henholdsvis bløytet og lutet fisk var lavere på fisk som var hengt direkte i frost sammenliknet med fisk hengt en uke eller mer frostfritt. Samme fisken ble også vurdert/vraket som tørrfisk. Vrakingen viste samme tendenser som allerede nevnt, men det var også tegn på ytre fryseskader på noen av fiskene som var hengt frostfritt før hending i frost. Dette tyder på at fisk som har hengt frostfritt i eksempelvis en uke er "mer beskyttet" mot alvorlige fryseskader, imidlertid kan fryseskader av mindre alvorlig karakter fortsatt opptre. Utbyttmålingene på bløytet og lutet fisk viser også at en får gradvis bedre utbytte med økende tid fra hending til fisken utsettes for frost.

Resultatene fra disse forsøkene bekrefter langt på vei det som har vært næringens oppfatning: Frost som intrefør en stund etter hending skader ikke fisken like mye som frost ved hengestart. Resultatene våre tyder på at fisken er betydelig "sterkere" mot frost allerede etter en ukes hending frostfritt.

I perioden fisken henger frostfritt mister den vekt og vanninnholdet går ned. Basert på erfaringene i næringen har vår hypotese vært at når vanninnholdet går ned, vil muskelen tåle mer frost. Vi ser fra et av forsøkene at fisken går ned i vekt med omkring 20 % den første uka.

Det er imidlertid stor forskjell på hvor i fisken vannet "forsviner" først. Buken og sporden mister vann først mens tjukkfisken beholder vannet lenge. Vår oppfatning er at ved henging vil vannet "dreneres" nedover i fisken og at mye av vanntapet de første dagene sees som drypp. På fisken som var utsatt for frost direkte etter henging var de første tegnene (gul farge) til fryseskader observert i spordpartiet, mens mye frostbelastning ga gul farge i hele fisken. Dette kan tyde på at spordpartiet er mer utsatt for frost enn tjukkfisken. Spordpartiet kan også være mest utsatt for vind og det kan også tenkes at spordpartiet er mest utsatt for UV-stråling i en frostperiode med klarvær. Det kan også tenkes at frosten gjør muskelen mer utsatt for oksydasjon, og når solen da senere i hengeperioden skinner på spordpartiet, vil fiskemuskelen gulne. Etter en ukes frostfri henging er det lavere vanninnhold i sporden, sammenliknet med tjukkfisken. Vi ser da at sporden "tåler" frost i større grad. Tjukkfisken inneholder etter en ukes henging omtrent like mye vann som opprinnelig, men synes å tåle frost i større grad. Årsaken til dette er uklar. Det kan tenkes at det under "dreneringsprosessen" kommer væske fra spordpartiet som gir en oppkonsentrering av salter også i dette området. Det kan også tenkes at det er helt andre prosesser i muskelvevet, uavhengige av vanninnholdet, som gjør at fisken tåler mer frost.

### **Effekten av henholdsvis vedvarende frost og skiftende frost/tining**

I forsøk ble fisken utsatt for vedvarende frost og periodisk frost. To partier ble utsatt for frost i en 14 dagers periode, ett parti ved  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , det andre ved  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . To andre partier ble flyttet fra frost til tørking, et parti med frost og naturtørking tredje hver dag i 14 dager og et parti med frost og naturtørking annen hver dag i 14 dager.

Ved  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  var det klart mest gulning (hele muskelen var gul) i gruppen som var utsatt for sammenhengende frost. Gruppen som ble utsatt for frost tredje hver dag var nest gulest (gul i spord og litt i tjukkfisk) og klart mindre skadet enn den førstnevnte. Frysing annen hver dag resulterte i minst gulning (bare gul bak i spordpartiet). Ved  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  var det klart mindre gulning generelt og kun gulning på 2 av de 5 fiskene som ble fryst sammenhengende i 14 dager. Målingene av utbytte som lutet og bløytet bekrefter tendensene i fargemålingene. Ved både  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  og  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  er det lavest utbytte på fisken som er fryst sammenhengende i 14 dager og tilsvarende er det høyeste utbytte av de frosne prøvene på fisken som er fryst annen hver dag i 14 dager. Kontrollen som ikke var fryst hadde det beste utbyttet av alle prøvene.

Resultatene fra disse forsøkene samsvarer ikke helt med det som finnes i litteraturen og oppfatninger hos enkelte produsenter. Vi hadde forventet at skiftende frysing og naturtørking skulle gjøre større skade enn sammenhengende frysing. Våre resultater tyder imidlertid på at sammenhengende frysing er en større belastning for fisken enn skiftende frysing og naturtørking i samme tidsperiode. Selv om resultatene var uventede, kan en forklaring være at i dette oppsettet hadde fisken med sammenhengende frysing 14 dager med frost, mens de to andre variantene hadde kun halvparten av dagene i frost og halvparten naturtørking i 14-dagersperioden. Dette kan indikere at antall døgn med frost er viktigere enn om temperaturen går opp og ned i frostperioden.

### **Hvilken temperatur er kritisk for at skader kan oppstå i tørrfisk?**

Av de kontrollerte forsøkene som ble gjennomført, ser vi at all fisk som er hengt direkte ut i  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  er fryseskaden karakterisert ved gul farget muskel og lavere utbytte under bløyting og luting. Ved  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  var der betydelig mindre fryseskader, men det var fortsatt fryseskader på fiskene som var hengt sammenhengende i 14 dager ved  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dette kan indikere at den kritiske temperaturen (for å unngå misfarget muskel) ligger litt høyere (nærmere  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) enn  $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Det er viktig å presisere at både tid (frostperiode), vindhastighet og luftfuktighet trolig har stor effekt på om det blir fryseskader på fisken. I praksis vil dette bety at økt hengetid med tørr luft i stor hastighet (enkeltvis eller i kombinasjoner) forventes å gi betydelig økning i fryseskader selv ved høyere temperaturer enn det som er påvist å gi skader i disse forsøkene. Fisken som ble hengt på Ballstad den 3. februar var på dag 3 og 4 etter hending utsatt for mellom -6 og -8 °C uten at vi kunne påvise fryseskader på bløytet fisk. Dette tyder på at fisken kan tåle lave temperaturer en kort periode selv tidlig i hengeprosessen.

I forsøket gjennomført våren 2012 i Tromsø ble fisken hengt ut til naturtørking på ulike tidspunkt og dermed utsatt for varierende frost. Første hending var 14. februar og temperaturen varierte rundt -2 °C i en to-ukersperiode etterfulgt av mer varierende frostperioder. På denne fisken ble det funnet fryseskader på en av tre fisk, slik at selv ved omkring -2 °C kan det oppstå fryseskader. Fisken som ble hengt 2. mars ble utsatt for temperaturer ned mot -6 °C den første uken etter hending uten at det ble funnet fryseskader på den bløyta fisken. Igjen tyder dette på at tiden fisken utsettes for frost er viktig. Det siste partiet med fisk ble hengt 30. mars og den ble utsatt for temperaturer mellom +2 og -10 °C over en to-ukersperiode. Denne fisken ble svært fryseskadet ved at hele muskelen ble gul og utbyttet som bløytet og lutet var lavt. Ut fra dette ser det ut til at temperaturer lavere enn -2 °C kan være kritiske under ugunstige forhold (lang tid, mye vind, tørr luft). Ved denne temperaturen er ca halvparten av det frie vannet i fisken frosset.

Det er vanskelig ut fra resultatene å kunne gi en absolutt anbefaling om kritisk temperatur. Dersom fisken henges direkte ut i frost ved -2 til -3 °C og frosten vedvarer i 2 uker, så kan en forvente moderate skader på fisken. Hending ved lavere temperaturer vil øke risikoen for større fryseskader for hver grad en senker temperaturen. Hending ved -6 °C over 14 dager gir alvorlige fryseskader på tørrfisken.

Det ble også hengt en gruppe som ble utsatt for -30 °C tredje hver dag i en 14 dagers periode. Denne fisken ble ikke bedømt som fryseskadet og hadde et høyere utbytte som bløytet og lutet sammenliknet med fisken som var utsatt for identisk behandling ved henholdsvis -3,8 °C og -6,2 °C. Dette var et overraskende resultat, men stemmer overens med hypotesene om at temperaturer høyere enn -10 °C skader muskelen mer enn temperaturer lavere enn -10 °C (Helgason *et al.*, 1995 og Lødemel, 2002). Med mikroskopibildene (normalhistologi) har vi påvist at frost kan gjøre skader på cellestrukturen med en frysetemperatur rundt -5 °C, men vi har ikke sett på effektene av ulike frysetemperaturer. I forhold til naturgitte temperaturer i hengeområdene for fisk, ser vi ikke at det i denne sammenhengen er noe grunn å følge opp forsøket med -30 °C.

## 4.2 Nytteverdi for næringen

Tørrfisknæringen kan benytte erfaring og resultater fra dette arbeidet til å redusere kvalitetsfeil på tørrfisken som skyldes frost. Det viktigste er å unngå å henge fisken direkte ut i frost eller få dager før frost er meldt. Resultatene viser at fisken også tåler noe frost, men ved hending direkte ut ved temperaturer lavere enn -2 °C kan en risikere fryseskader.

For en tørrfiskprodusent er det viktig å kjenne til og eventuelt kunne vurdere hvor mye fryseskader det er i et parti tørrfisk. Ved å koble hengetidspunktet for partiet med fisk opp mot loggerte værdedata for området, kan en med større sikkerhet avgjøre hvilke fisk som kan ha vært utsatt for frost som skader fisken. Når vi sammenligner med bedømmelsen vrakerne gjorde av tørrfisken i ubløtt tilstand,

er det betydelig lettere å se fryseskader på fisk som er bløytet. Særlig den gulaktige fargen i muskelen er lettere å se på bløytet fisk. Vi så også at enkelte tørrfisker så ut til å ha frostska-der, men ved bløyting var det lite gul farge å se. Ved tvil om graden av frostska-der i et parti vil det alltid være gunstig å ta en testbløyting for å klarlegge utbytte og misfarginger.

Det er flere forhold som kan bidra til fryseskader, enn de som her er studert. Det er imidlertid viktig å holde fokus på de faktorene som har effekt og som næringen kan gjøre noe med i praksis. Utsatt hending i noen dager for å unngå frost er en faktor som vil ha stor effekt på kvaliteten. Dersom industrien vurderer at hending kan utsettes i perioder for å unngå frost, så er resultatene fra disse forsøkene så tydelige at de bør følges opp med videre forskning. Her bør man se på grenseverdier for når i tørkeperioden frost er mest skadelig for fisken.

### **4.3 Forslag til videre forskning**

Det oppsettet som ble brukt i dette prosjektet må karakteriseres som grovmasket, særlig med hensyn på temperaturregimene og tidene som ble valgt. Utenom disse forholdene må vi anta at *tiden* fisken utsettes for frysing, samt *effektene av vindhastighet og luftfuktighet* også vil kunne innvirke.

Reduksjonen av frostska-der ved å henge fisken frostfritt i noen dager synes å være store at man i første omgang bør kartlegge antall dager frostfri hending som er nødvendig før fisken kan regnes som tilstrekkelig robust i forhold til kulde og fryseska-der. Et slikt arbeid bør også inkludere aktivitet som bidrar til å klarlegge hvorfor fisken blir mer robust mot frostska-der.

## **5 Leveranser**

Det er levert en fagrapport; Fryseskader på tørrfisk, Nofimareport 5/13. Fagrapporten er sluttrapport for alle aktiviteter unntatt delaktivitet 4 i AP2. Dette er avtalt med FHF.

Det er gitt foredrag om arbeid og resultat på samlinger i faggruppe konvensjonell både i Svolvær 11. mai 2012 og på Røst 24. mai 2013.

Populærvitenskapelig oppsummering er gjort som et 2 siders fakta-ark som ble levert ut på samlingen på Røst 24. mai 2013.

Arbeidsnotat for AP1 er levert.

Statusrapporter er levert.

To av tre styringsgruppemøter er avholdt og referat er levert. Det viste seg vanskelig å få siste styringsgruppemøte avholdt innen tidsfristen grunnet problemer med avvikling av delaktivitet 4 i AP2. I samråd med FHF og styringsgruppen ble det vurdert som en like god løsning å legge frem og diskutere resultatene med alle aktørene på Tørrfisksamlingen på Røst 24. mai 2013.

Denne sluttrapporten kommer i tillegg til overnevnte leveranser og da særlig for å redegjøre for arbeid og avvik i AP 2, delaktivitet 4.

## **6 Kvalitetssikring av gjennomføring og resultater**

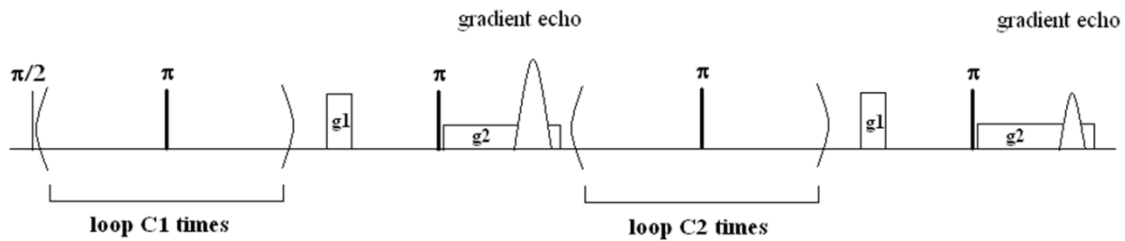
Prosjektet generelt er kvalitetssikret gjennom bruk av Styringsgruppe med representanter fra næringa og oppfølging fra Lorena Jornet og Frank Jakobsen på vegne av FHF.

Faglig kvalitetssikring er gjort i henhold til Nofima rutiner ved seniorforsker Jens Østli, forskningssjef Heidi Nilsen og sekretær Heidi Trige.

## 7 Vedlegg 1

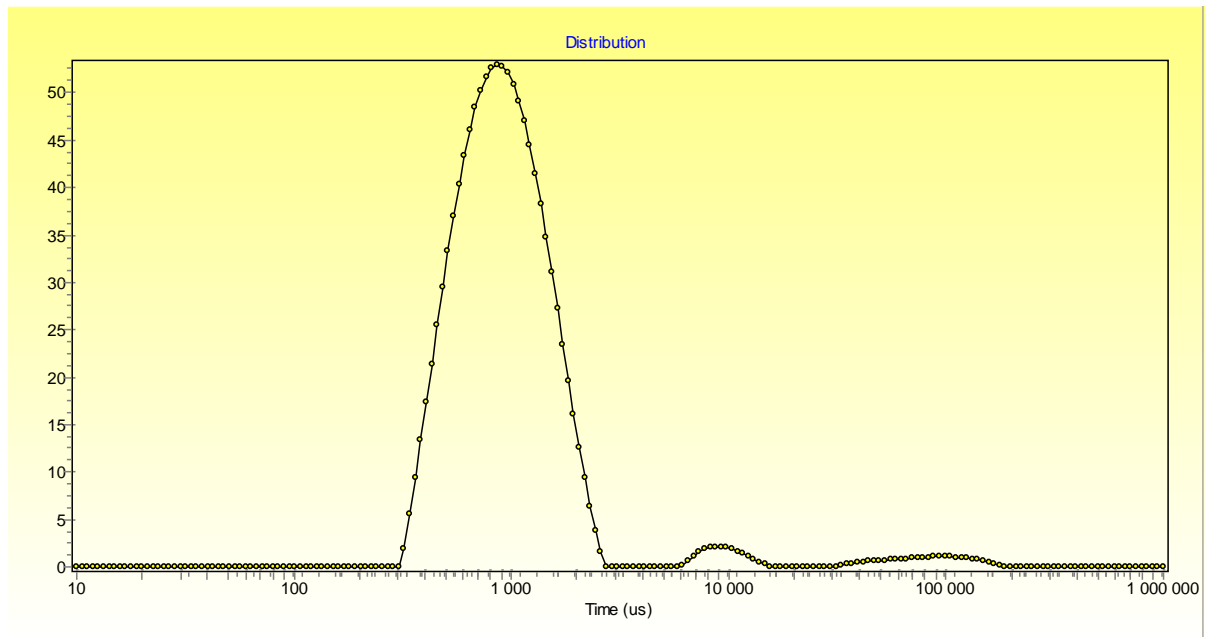


### Kvantifisering av vatn i pluggar av tørrfisk



Figur 1 Prinsipp for måling av vatnprofil

Figur 1 viser metoden for måling av vatn profil ved hjelp av kjernemagnetisk resonans (NMR). Den fyrste løkka (C1) blir nytta til å undertrykke signal frå feitt og/eller protein, medan den andre løkka (C1) blir nytta til å korrigere for tap av signal pga.  $T_2$  relaksasjon. Ein antar då at  $T_2$  er signifikant forskjellig for feitt og vatn. I tørrfisk er ikkje dette tilfelle, då vatnet viser seg å ha ein ekstremt kort  $T_2$  (1 ms (jmf. figur2)).

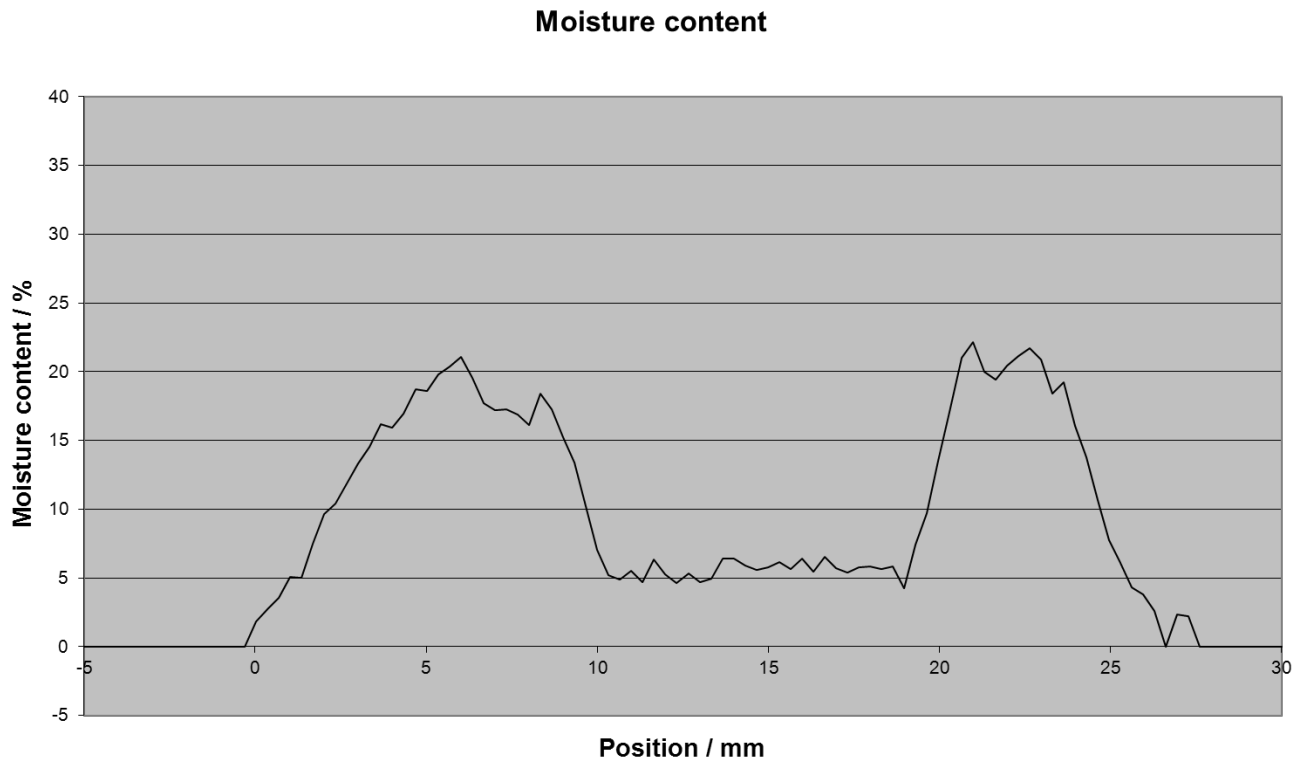


Figur 2  $T_2$  distribusjon til tørrfisk i mikrosekund

Vi har tidlegare målt  $T_2$  i torskepulver, og har identifisert hovudtoppen til å bestå mest av vatn, og mindre mengder fosfolipider (artikkel vedlagt). For å få til profil målingar på tørrfisk antar vi difor at

hovudsignalet skriv seg frå vatn, og vi nyttar ein  $T_2$  korreksjon for å finne vatn profil uforstyrta av  $T_2$  relaksasjon. Metoden vil ikkje fungere for laks, då antakinga om lite feittinnhald ikkje vil vere rett.

Metoden er automatisert i Excel.



Figur 4 Vatnprofil i tørrfisk

Figur 4 viser ein vatn profil i tørrfisk. Posisjonen er gjett i millimeter, og posisjon 0 er botnen av prøva.

For Anvendt Teknologi AS 03/12/12

Geir Humbostad Sørland  
www.antek.no

