

---

RAPPORT NR. 2203 | Wenche Emblem Larssen, Trygg Barnung og Ingebrigt  
Bjørkevoll

---

# LAKEFRYSING AV HVITFISK



---

<b>TITTEL</b>	Lakefrysing av hvitfisk
<b>FORFATTERE</b>	Wenche Emblem Larssen, Trygg Barnung og Ingebrigt Bjørkevoll
<b>PROSJEKTLEDER</b>	Wenche Emblem Larssen
<b>RAPPORT NR.</b>	2203
<b>UTGIVELSEÅR</b>	2022
<b>SIDER</b>	44 inkl. vedlegg
<b>PROSJEKTNUMMER</b>	55052
<b>PROSJEKTTITTEL</b>	Lakefrysing av hvitfisk
<b>OPPDRAGSGIVER</b>	Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering
<b>ANSVARLIG UTGIVER</b>	Møreforskning
<b>ISSN</b>	0806-0789
<b>ISBN</b>	978-82-7830-359-7
<b>DISTRIBUSJON</b>	www.moreforsk.no
<b>NØKKEWORD</b>	Lakefrysing, kvalitet, enkel fryst, dobbelfryst, klippfisk

---

### **SAMMENDRAG**

Lakefrysing av fisk er en energieffektiv innfrysingsmetode med et teoretisk energiforbruk på 0.08 kwh/kg. Innfrysing i vertikalfryser og tunnel har henholdsvis et teoretisk energiforbruk på 0,11 kwh/kg og 0,15 kwh/kg.

Filet fra lakefryst torsk har signifikant bedre filetutbytte sammenlignet med filet fra tradisjonelt fryst torsk. Lakefrysing gir signifikant bedre tekstur og vannbindingsevne for hyse, vannbindingsevne og spalting for sei og spalting for torsk, når en sammenligner mot tradisjonelt vertikalfryst råstoff. Derimot ser en at lakefrysing øker saltinnhold i muskel med 0,19 g/100 g og gir etter fryselagring en gul farge i nakke og buk der fiskekjøttet har kommet i kontakt med laken. Tinefersk torsk uavhengig av frysemetode er holdbar i inntil 5 dager etter tining. På dag 7 har råstoffet avvikende lukt. Tradisjonelt fryst råstoff har et signifikant høyere totalantall bakterier sammenlignet med lakefryst råstoff (signifikantnivå på 90%) etter 7 dager på kjøøl.

Klippfisk produsert av lakefryst torskeråstoff hadde tilnærmet lik kvalitet som klippfisk laget av tradisjonelt innfrost råstoff av samme parti torsk. Det ble registrert en gul misfarging i nakkekutt og sløyenesnitt for den lakefryste fisken. Klippfisk fra lakefryst råstoff med bakgrunn i dette egn seg godt for det Portugisiske markedet da litt gulfarge ofte ses på som et kvalitetsstempel. Til Italia derimot, vil denne gulfargen kunne redusere prisen da dette markedet verdsetter lys og hvit klippfisk høyst.

---

© FORFATTER/MØREFORSKING

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller framstille eksemplær til privat bruk. Uten særlig avtale med forfatter/Møreforskning er all annen eksemplarfremstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt så langt det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

---



---

## FORORD

---

Denne rapporten tar for seg resultatet i prosjektet «lakefrysing av hvitfisk» finansiert av Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfinansiering. Prosjektet har hatt som hovedmål å dokumentere optimale prosessbetingelser for lakefrysing av hvitfisk og effekten av lakefrysing på produktkvalitet og utbytte for torsk, hyse og sei. Møreforsking har ledet prosjektet og stått for koordinering og praktisk gjennomføring.

Prosjektet har fått uvurderlig støtte fra prosjektgruppen bestående av Joakim Berntsen (PRIMEX), Petter Kåre Grytten (Teknotherm Marine), Ted Robin Endresen (Myre Fiskemottak), Ronny Vågsholm (Havfisk) og Erling Bjørge (ABS). Takk for praktisk bistand, gode råd og godt humør. I tillegg vil vi takke Gunnar Klo AS for bistand knyttet til innfrysing av fisk i vertikalfrysere.

Prosjektet har også hatt en referansegruppe bestående av Frank Jakobsen (FHF), Julie Steffensen og Kai Jensen Bystrøm (Lerøy Norway Seafoods), Bård Thomas Østvang (Norwegian Fish Company), Frank Kristiansen (Insula/Båtsfjordbruket) og Rune Bjørge (ABS). Takk for løsningsorienterte diskusjoner i en prosjektperiode preget av pandemi.

Takk også til Margareth, Turid, Janne og Thomas ved Møreforsking for bistand i det praktiske arbeidet.

Ålesund 30.01.22



Wenche Emblem Larssen

Prosjektleder



---

## INNHOLD

---

1.	Bakgrunn .....	9
1.1	Problemstilling og formål .....	10
2.	Material og Metode .....	11
2.1	Råstoff .....	11
2.2	Filetproduksjon .....	12
2.3	Klippfiskproduksjon .....	12
2.4	Kjemiske og mikrobiologiske analyser .....	14
2.5	Fargeanalyse .....	15
2.6	Histologisk vevsanalyse .....	16
3.	Resultat og diskusjon .....	18
3.1	Råstoff .....	18
3.2	Filetproduksjon .....	20
3.3	Klippfiskproduksjon .....	28
3.4	Holdbarhet refreshed torskefilet .....	37
4.	Hovedfunn .....	39
5.	Konklusjon .....	39
6.	Referanser .....	40
	Vedlegg 1 .....	42
	Vedlegg 2 .....	43
	Vedlegg 3 .....	44



---

## 1. BAKGRUNN

---

Ny fangstteknologi og økt fokus på korrekt fangstbehandling har bidratt til forbedret kvalitet på landet hvitfisk [1-3]. Det er også gjennomført betydelig arbeid innen optimal tining av fisk [4]. Begge disse faktorene er med på å øke kvaliteten på sluttproduktet. Nå ønsker man å kartlegge om lakefrysing kan bidra til ytterligere optimalisering av kvaliteten. Dagens fryseteknologi karakteriseres av, være energikrevende, gi mekanisk belastning, samt å medføre lang innfrysingstid ved frysing i blokk. Singelfrysing av fisk i underkjølt saltlake kan være en metode for å forbedre innfrysingen. Prosjektet hadde som formål å teste ut lakefrysing for torsk, sei og hyse og belyse fordeler og ulemper med innføring av lakefrysingsteknologi. Resultatene vil danne beslutningsgrunnlag for å vurdere muligheter og begrensninger for bruk av lakefrysing i flåteleddet og landindustrien.

Torsk, sei og hyse er de tre viktigste hvitfiskartene, og hadde en eksportverdi på over 13,2 milliarder NOK i 2018[5]. En stor andel av norsk hvitfisk blir innfrost på fiskefeltet eller på land. Tradisjonell innfrysing av hvitfisk blir gjort i vertikalfryser, horisontalfryser eller frysetunnel. Lakefrysing har historisk sett vært lite brukt i norsk sjømatindustri, til tross for at denne metoden ble benyttet før en startet med industriell frysing av fisk. Den gangen ble is benyttet som kuldemedium, blandet med saltlake. Lakefrysingen av sild tidlig i forrige århundre viste seg å gi betydelig harskning under lagring [6, 7]. Internasjonalt har underkjølt saltlake blitt brukt til innfrysing av krabbe, reker, tunfisk og pelagisk fisk. Lakefrysing praktiseres da gjerne som en forfrysing før videre luftfrysing, eller i frysing i mindre skala.

Pelagisk industri har de senere årene testet ut en ny lakefryseteknologi basert på hurtig innfrysing i underkjølt saltlake. Resultater fra lakefrysing av rund makrell viser at fisken blir fryst inn på under en time. Innfrysing på tradisjonell måte i tunnel tar 18-24 timer. Bananfisk (krummet fisk) er en kjent utfordring med tradisjonell innfrysing i kartong. Innfrysing i underkjølt lake reduserer andel bananfisk fra 46 % til 1,2 % sammenlignet med tradisjonell innfrysing i kartong. Når fisken har en rett og fin form etter innfrysing er den godt egnet til maskinell filetering som tint råstoff [8-10].

Hvitfiskindustrien i Nord-Norge har ujevn tilgang til råstoff gjennom året. Torsk landes i store volum i løpet av noen hektiske vintermånedene, en periode med full kapasitetsutnyttelse i industrien. For å legge til rette for en mer helårlig drift ønsker industrien mulighet for økt bearbeiding gjennom større deler av året basert på råstoff som fangstes i en avgrenset vintersesong. For å oppnå dette, må fisken enten fryses inn i fangsts sesongen, og deretter tines og videreføres gjennom resten av året, eller skaffes gjennom kjøp av ombordprodusert hodekappet fisk (HG) fra havfiskeflåten. Havfiskeflåten leverer mye fryst HG-fisk til både filetprodusenter og klippfiskindustrien.

Klippfiskindustrien er ifølge analyser gjennomført av Nordea bærebjelken i norsk hvitfiskindustri [11]. I 2018 ble det eksportert 38 156 tonn klippfisk av torsk, til en eksportverdi på MNOK 2 442. Fryst HG torsk utgjør ca. 50 prosent av råstoffet til klippfiskindustrien. Fisken tines vanligvis i store tinetanker ved anleggene. Riktig tining er avgjørende for god kvalitet og høyt utbytte. For

høy temperatur i tinemediet kan redusere utbytte og kvaliteten, men dette gjøres likevel for at tiningen skal gå raskere og for å unngå at fisken ikke er tint tilstrekkelig før flekkingen. Ulike tinetider for tykkfisk, buk og spord skaper ofte problemer for produsentene. Det er også utfordringer ved at yttersiden av blokkene blir overtint, mens kjernen blir undertint [4].

Filetspalting kan være en utfordring når tint fisk fileteres. Tidligere studier har vist at lakefrysing av makrell gir mindre spalting, bedre elastisitet og spenst i produktet [8-10], og er en konsekvens av hurtig innfrysingen. Innfrysing av lakefryst råstoff vil kunne halvere energiforbruket og redusere CO<sub>2</sub>-avtrykket sammenlignet med tunnel-frysing [12].

I en blokk vil kun 35 % av overflaten til en fisk være i kontakt med mediet under tining[13]. Blokker kan fryse sammen under tining, som igjen vil forlenge tiningen og øke forskjellene i temperatur ved endt tining. Optimal tining av råstoff gjøres ved å utjevne temperaturen i fisken til rundt – 1,0 °C. En slik styrt tineprosess med lav muskel-temperatur under flekking eller filetering gir høyere utbytte, mindre væskeslipp og lavere grad av spalting. I et forsøk for å optimalisere tining av torsk til klippfiskproduksjon økte utbyttet etter flekking fra 93,0 til 97,5 %, mens for sluttproduktet klippfisk økte utbyttet fra 56,5 til 60,8 % [13].

Lakefrysing muliggjør å kombinere optimal fryse- og tineprosess, noe som ikke har vært tilgjengelig for landindustrien tidligere. Gjennom singelfrysing av råstoff kan en oppnå både rask innfrysing og rask og kontrollerbar tining som vil påvirke kvalitet og utbytte i positiv retning. Rask innfrysing og tining reduserte væskeslippen fra 10 til 4,3 % for torsk [14].

## **1.1 PROBLEMSTILLING OG FORMÅL**

Målsetningen med prosjektet er å dokumentere prosessbetingelser for lakefrysing av hvitfisk og kartlegge effekten av lakefrysing på produktkvalitet og utbytte for torsk, hyse og sei.

Hovedmålsettingen vil løses gjennom følgende delmål:

*Delmål 1: Uttesting av lakefrysing av torsk, hyse og sei i testrigg utviklet av Teknotherm Marine*

*Delmål 2: Dokumentere effekten av lakefrysing på tinefersk og dobbelfryst filet*

*Delmål 3: Kartlegge kvalitetsforskjeller på klippfisk produsert fra lakefryst og tradisjonelt fryst råstoff*

Resultatmål:

R1.1: Faktaark med beskrivelse av en prosesslinje for lakefrysing av torsk, hyse og sei

R2.1: Dokumentasjon av lakefryst torsk, hyse og sei og filet kvalitet etter tining.

R3.1 Dokumentasjon av lakefryst råstoff til salt- og klippfiskproduksjon

---

## 2. MATERIAL OG METODE

---

### 2.1 RÅSTOFF

Torsk, hyse og sei ble kjøpt og prosessert i juni 2020 med bistand fra Primex i Myre, Vesterålen. Torsken var fanget med snurrevad av tre ulike båter. Gunnar Karl, Andopsværingen og Olagutt i perioden 7. mars -7. april 2020. Deretter ble torsken mellomlagret i merd i sjø hos Gunnar Klo før den ble tatt ut og slaktet i perioden 4.-6. juni 2020. I mellomlagringsperioden har fisken blitt røktet daglig. Den slaktede fisken ble levert hodekappet og i pre-rigor tilstand til Primex for videre prosessering. Hyse og sei var fangstet med snurrevad på Finnmarkskysten 5. juni, levert på Båtsfjordbruket, iset godt og transportert med bil til Primex i Vesterålen. Fisken ble prosessert post-rigor 7. og 8. juni.

Råstoffkvalitet ble evaluert på 20 fisk før innfrysing i henhold til kvalitetsevalueringsskjema der nakkekutt, skinnskader, blod i nakke, blod i buk og blod i sløyvesnitt, muskelfasthet og rigortilstand ble vurdert (se vedlegg 1). I tillegg ble lengde og vekt på HG fisk, samt temperatur og pH i muskel registrert.

To ulike innfrysingsmetoder ble benyttet. For den første metoden ble HG fisk singelfryst inn til -18°C i underkjølt saltlake (NaCl 23 %) (heretter referert til som LAKE). 1200 l saltlake ble kjølt ned til -22°C og sirkulert gjennom 3 ulike kar der fisken ble tilsatt (se bilde 1). I den andre innfrysingsmetoden ble en batch av hver art fryst inn i tradisjonell platefryser (heretter referert til som TRAD) hos Gunnar Klo. Hyse og sei ble fryst inn i 25 kg blokker, mens torsk ble fryst inn i 50 kg blokker. Torsk ble fryst inn pre-rigor, sei og hyse post-rigor.

Innfrysingstid i lake ble registrert ved bruk av temperaturmåler festet i fiskemuskel og stikkprøver underveis i innfrysingen.



Bilde 1 Lakefryserunit med 3 innfrysingskar som mettet, kjølt saltlake sirkulerer mellom.

## 2.2 FILETPRODUKSJON

Etter 6 måneders fryselagring ved -25 °C ble fisken tint i henhold til Primex sine tinemetoder. Fryst fisk ble lagt i 1000 liters kar og overrisset (flow 2 l/min) med sjøvann som hadde en temperatur på 8° C. Tineprosessen ble stoppet når fisken hadde en kjernetemperatur på -1 °C ved at karene ble tilført is. Tinetiden varierte mellom de to innfrysingsmetodene LAKE og TRAD med .

Fisken ble veid før og etter tining for å regne ut tinetap. Deretter ble fisken filetert maskinelt hos Primex, etterfulgt av manuell trimming. Filetutbytte ble beregnet for hver art.

Etter filetering og trimming ble 20 fileter kvalitetsevaluert i henhold til kvalitetsevalueringsskjema (vedlegg 2). Filetform, skader på skinn, blod, farge, overflate, spalting, elastisitet og konsistens ble evaluert.

For torsk ble et parti av lakefryst og tradisjonelt fryst fileten fryst inn på ny i Primex sin frysekarusell. Her ble fileten lagt på et transportbånd som går gjennom en frysetunnel der fileten er ferdig innfrost etter 60 minutter. Filetene ble deretter pakket i kartonger med plastinnlegg og lagt på fryser ved -25° C i 8 uker før tining og kvalitetsevaluering.

## 2.3 KLIPPFISKPRODUKSJON

30 fisk fra hver av gruppene lakefryst og tradisjonelt innfrost torsk ble sammenlignet med hverandre. I tillegg ble disse to gruppene sammenlignet med klippfisk fra produksjonsbedriften ABS AS for å ha en referanse til en ordinær produksjon av klippfisk (ABS). Råstoffet som ble brukt i ABS gruppen var ombordfrost torsk fanget med line. De to førstnevnte gruppene ble tint i rennende sjøvann i 1000 liters kar. Sjøvann med en temperatur på 5,2 °C ble brukt til tining. Ved starten på tiningen hadde begge gruppene en gjennomstrømning av sjøvann på 50 l/min. På slutten av tiningen var gjennomstrømningen den samme for TRAD, mens den var på 75 l/min for LAKE. For at begge grupper skulle bli ferdig tint til neste morgen ble TRAD satt til tining ca. 4 timer før LAKE gruppen. ABS ble tint ved bruk av bedriftens ordinære tinemetode i en tinetank. Temperatur i muskel under tining ble registrert. Etter tining ble fisken individmerket før veiing, flekking, fjerning av sorthinne og blodrester ved bedriftens ordinære produksjonslinje. Individvekt ble registrert i alle trinn i prosessen. Sensorisk vurdering ble utført av tre til fire trente personer for alle trinn i prosessen med hensyn til flekkefeil, skader på skinn, blodflekker, muskelfarge, skader på spord og finner, spalting og konsistens (trykktest) (se vedlegg 3).

Flekket fisk ble veid og kvalitetsvurdert. For hver gruppe ble så 30 fisk fordelt jevnt i ett 1000 liters kar med salt mellom hvert lag med fisk. Det ble tilsatt ferdigblandet lake under ilegging av fisk i salteteket. Under den 4 ukers lange pickelsaltingen var temperaturen i lokalet 5-8 °C. Temperaturen i fisken under pickelsalting økte gradvis fra 1,5 til 6,2 etter 2 uker og videre til 8,0 °C etter 4 uker. Etter pickelsaltingen ble saltetekarene tømte over i en tank med sjøvann der alt overflatesaltet ble skyllet bort.

Samme dag som fisken ble tatt ut fra pickelsalting ble vekt og kvalitet på saltfisk registrert før all fisken ble lagt på en pall (med totalhøyde på 80 cm) der litt finsalt ble strødd på mellom hvert lag

med fisk. Før veiing ble to og to saltfisk kakket mot hverandre 3 ganger for å fjerne overflatesalt fra fisken. Pallen ble satt til avrenning på kjølerom som holdt ca. 1 °C i 4 dager.

Etter avrenning ble alle individer veid og videre tørket til «Italia-tørr» klippfisk. Etter veiing, kvalitetsvurdering og vraking, utført av to kvalifiserte personer fra to ulike bedrifter, ble et utvalg av fisken tørket videre til «Portugal-tørr» klippfisk der samme analyser ble utført. Gjennom hele prosessen ble temperaturen registrert med EBRO logger Type EBI 20. Gruppene med klippfisk lagt ut over på bord med hvit bakgrunn for gjennomføring av sensorisk evaluering på individnivå (Figur 1).



Figur 1 Sensorisk evaluering av klippfisk på individnivå.

Etter lagring som klippfisk ved totalt ca. 2 °C i ca. 5 måneder ble biter av klippfisk utvannet. Klippfisk fra lakefryst og tradisjonelt innfryst tørket til Portugal- og Italia-tørr ble vannet ut i 48 timer ved 8-9 °C uten vannbytter. Forholdet var 1 del fisk til 9 deler ferskvann (figur 2). Bitene var med skinn og bein og bestod av et ca. 15 cm bredt snitt på tvers av fisken. Snittet ble tatt i området fra bakkant av ørebein til gatt. Fiskebiter ble veid og fotografert før og etter utvanning. Totalt 5 biter ble analysert sensorisk før varmebehandling av 5 dommere. Kvalitetsegenskapene grunnfarge, gulfarge, tekstur, klippfisk lukt og harsk lukt ble vurdert på en skala fra 1 til 9. Etter



varmebehandling ble 3 biter vurdert sensorisk av de samme dommerne ut fra parameterne klippfisk smak, harsk smak, saltsmak, tekstur og saftighet.



Figur 2 Utvanning av klippfisk-biter for vurdering av sensorisk kvalitet før og etter varmebehandling.

## 2.4 KJEMISKE OG MIKROBIOLOGISKE ANALYSER

Kjemiske analyser ble utført på både fersk, enkelfryst og dobbelfryst filet, samt klippfisk ved Møreforskning sitt laboratorium. Følgende analyser ble gjennomført; næringsinnhold (vann, protein, fett og aske), saltinnhold, vannbindingsevne og koketap. I tillegg ble oksidasjon i dobbelfryst torsk og klippfisk analysert (TBARS).

Vanninnholdet og askeinnholdet ble bestemt etter NMKL Metode nr. 23. [15]. Ca. 5 g homogenisert prøvemateriale ble tørket i varmeskap ved 105 °C i 16-18 timer til konstant vekt. Vanninnholdet ble beregnet som gjennomsnitt fra tre paralleller. Tørkede prøver fra vanninnhold ble brent til aske i muffelovn ved 550 °C i fem timer. Gjennomsnitt ble beregnet fra tre paralleller.

Fettprosent på råstoff ble analysert i henhold til NS 9402 med 30 % isopropanol i etylacetat som løsningsmiddel [16]. TBARS-verdien ble bestemt ifølge Dulavik, Sorensen [17].

Proteininnholdet ble analysert av Eurofins.

Vannbindingsevne og koketap ble målt ved hjelp av en modifisert versjon av en metode beskrevet av Børresen, T [18]. Vannbindingsevne ble målt ved å veie inn rundt 2 g oppmalt fiskefilet i et preveid Corning 100µm Cell Strainer filter. Filteret ble plassert på toppen av et 50 ml sentrifugerør som ble sentrifugert ved 1280 rpm i 5 min. Filter og prøve ble veid etter sentrifugering og vannbindingsevnen ble beregnet.

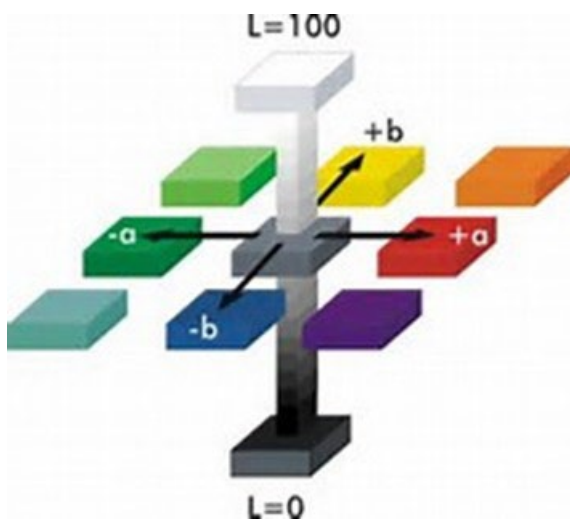
Koketap ble målt ved å veie inn rundt 2 g oppmalt fiskefilet i et preveid Corning 100µm Cell Strainer filter. Filteret ble plassert på toppen av et 50 ml sentrifugerør. Sentrifugerør med prøve ble plassert i varmeskap på 80°C i 15 minutter før avkjøling. Sentrifugerørene med prøvene ble sentrifugert ved 1280rpm i 5 min. Filter og prøve ble veid etter sentrifugering og koketapet ble beregnet.

Totalt aerobte bakterier og hydrogensulfid-produiserende bakterier ble bestemt etter NMKL metode Nr.184 [19].

## 2.5 FARGEANALYSE

Overflatefargen til filetene og klippfiskene ble analysert ved hjelp av datastyrt bildeteknikk "computer vision system" (CVS) beskrevet av Girolami, Napolitano [20]. Et digitalt kamera (Canon ESO 1300 D) og en 34 mm linse (Canon 34 mm f/5,6) ble montert i en fotoboks der alt naturlig lys var fjernet. Boksen ble lyssatt av ledlys med en fargetemperatur på 6500 K ( $D_{65}$ , standard lyskilde brukt i matforskning), plassert med en vinkel på  $45^\circ$  til fileten for å oppnå uniform lyssetting. Før hvert uttak ble det tatt bilde av fargepalletten ColorChecker Passport 1.1.1 (X-Rite Inc.) Denne ble benyttet for å lage fargeprofil for hvert uttak. Fargeprofilen ble importert til Adobe Photoshop Lightroom CC (Adobe) der alle bildene fra ett uttak ble kalibrert mot denne. Fargen ble analysert kvantitativt ved bruk av Photoshop (Photoshop CC 2015, Adobe Systems Inc.) og uttrykt i CIE  $L^*$  (hvithet eller klarhet),  $a^*$  (rød/grønn) og  $b^*$  (gul/blå) koordinater som beskrevet av Yam and Papadakis [21]. Tjue fileter fra hver serie ble fotografert og analysert. Gjennomsnittlig fargeverdier av pixelene ble brukt til å kalkulere den totale fargeforskjellen ( $\Delta E$ ) hvor  $L^*_0$ ,  $a^*_0$  og  $b^*_0$  er fargekoordinater til filetene. Figur 3 viser organisering av Lab-verdier.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2}$$



Figur 3. CIE Lab-farge system ([www.briarpress.org](http://www.briarpress.org)).

På hvert enkelt bilde ble det markert hvilket område som skulle fargeanalyseres (figur 4).



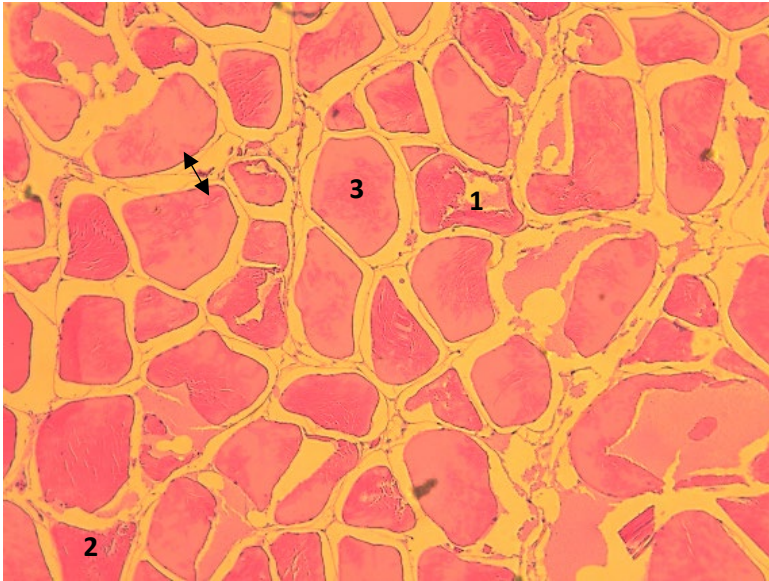
## 2.6 HISTOLOGISK VEVSANALYSE

Muskel fra hyse ble pakket med is og sendt til patologilaboratoriet hos Møre og Romsdal sykehus for frysensnitting. Muskelprøver fra fersk, lakefrost og tradisjonelt frost muskel ble snittet, fiksert på objektglass og farget med PAS standard farge. Deretter ble dekkglass montert før en seksjon i snittene ble analysert i mikroskop (figur 5). Analysene omfattet andel fryseskadde celler kategorisert etter en 3 punkts skala (tabell 1), og avstand mellom cellene i vevet.

Tabell 1 Kategorier for celleskade 1-3

Kategori	Beskrivelse
1	Sterkt skadet
2	Delvis skadet
3	Intakt





*Figur 5 Illustrasjon av muskelsnitt farget med PAS standardfarge med rettleiding knyttet til kategori for celledskade (1-3) og avstandsberegning.*

---

### 3. RESULTAT OG DISKUSJON

---

#### 3.1 RÅSTOFF

Det ble benyttet tre ulike hvitfiskarter; sei, hyse og torsk. Sei og hyse ble levert post-rigor, mens torsk ble levert pre-rigor. Hyse ble fryst inn med hode. Tabell 2 viser gjennomsnitt av lengde og vektfordeling for de tre artene. Torsk var i snitt tre ganger så stor som hyse, og over dobbelt så stor som sei. Dette påvirket innfrysingstiden i laken.

*Tabell 2 Lengde og vektfordeling på hyse, sei og torsk benyttet i innfrysingsforsøk (standardavvik i parentes). N= 20 for hyse og sei og 40 for torsk.*

	Hyse	Sei	Torsk
Lengde (cm)	61,2 (5,12)	54,1 (4,75)	76,9 (3,46)
Vekt (kg)	1,58 (0,35)	2,02 (0,49)	4,92 (0,58)

Tabell 3 viser næringsinnhold på råstoffet benyttet i forsøket. Sei har høyest fett og proteininnhold, og lavest vanninnhold.

*Tabell 3 Næringsinnhold i hyse, sei og torsk benyttet i forsøket (standardavvik i parentes). N=20 pr art*

	Hyse	Sei	Torsk
Vanninnhold(g/100g)	83,24 (0,57)	79,90 (0,41)	82,66 (0,72)
Askeinnhold (g/100g)	1,07 (0,04)	1,30 (0,04)	1,09 (0,46)
Fettinnhold (g/100g)	1,0 (0,10)	1,5 (0,10)	1,2 (0,10)
Proteininnhold (g/100g)	17,1 (0,07)	19,9 (0,14)	18,14 (0,33)

#### 3.1.1 INNFrysINGSTID

All fisk ble før innfrysing kjølt ned ved bruk av ferskvannsis. Sei og hyse som ble fryst inn post rigor hadde lavere gjennomsnittstemperatur (0,2°C) sammenlignet med torsk (2,1°C) som ble fryst inn pre-rigor, med kortere nedkjølingstid. Ulik temperatur i muskel under innfrysing kan ha påvirket både innfrysingstid og saltinntrenging i muskelen (tabell 4).

Tabell 4 Gjennomsnittlig temperatur (° C) i fiskemuskel før innfrysing (standardavvik i parentes). N=10

Fersk	Hyse	Sei	Torsk
Temperatur før innfrysing (° C)	0,2 (0,25)	0,1 (0,20)	2,12 (0,95)

Tabell 5 viser innfrysingstid for hyse, sei og torsk, og gjennomsnittlig vekt, lengde og diameter over rygg på testfiskene. Innfrysingstiden øker med økt størrelse på fisken.

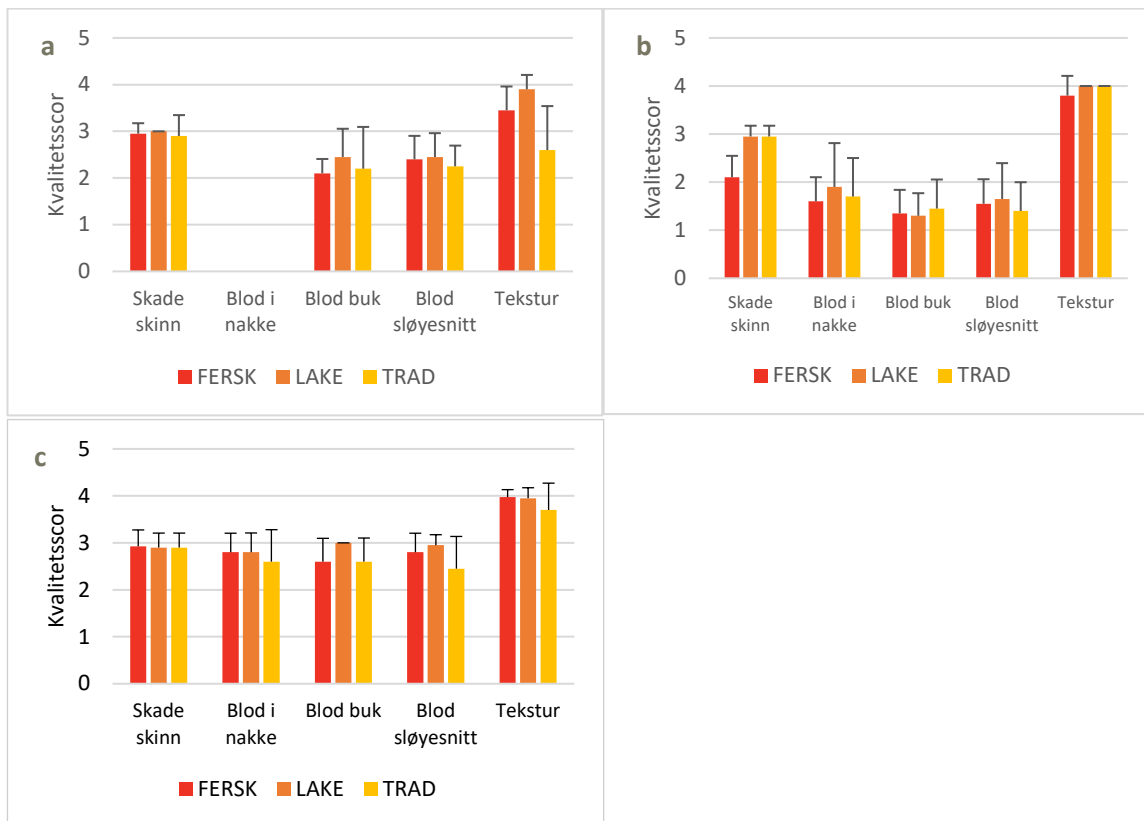
Tabell 5 Innfrysingstid for hyse, sei og torsk, og gjennomsnittlig vekt, lengde og diameter over rygg på testfiskene. N=15

	Hyse	Sei	Torsk
Lengde (cm)	49,6	55,2	59,3
Vekt (kg)	1,636	2,396	2,532
Diameter (cm)	31,1	35,4	37,3
Innfrysingstid (min)	120	150	180
Innfrysingstid pr kg (min)	73	62,5	71

Innfrysingshastigheten under lakefrysing styres av temperatur på råstoffet før innfrysing, kjølekapasiteten til anlegget, hvor stort kuldetap en har til omgivelsene fra laken og vekt fisk pr liter lake. Innfrysingstid kan dermed optimaliseres sammenlignet med forsøkene i dette studiet. I vårt forsøk er innfrysingshastigheten fra 62-73 min/kg. Sei som har høyest fettinnhold, har raskest innfrysingstid og hyse som er magrest, har lengst innfrysingstid pr kg.

### 3.1.1 RÅSTOFFKVALITET

Figur 6 viser at det er små sensoriske forskjeller mellom de to frysemetodene mht. råstoffkvalitet for HG kappet fisk etter innfrysing og tining. Det er ikke mer skader på skinn etter innfrysing for noen av artene. Lakefyst råstoff har hos alle artene i gjennomsnitt mindre blod i nakke (sei og torsk) og sløyesnitt (hyse, sei og torsk) sammenlignet med tradisjonelt fryst råstoff. Trolig skyldes dette at laken har hatt en utvaskende effekt når nakke og sløyesnitt har kommet i kontakt med frysemediet. For hyse er det signifikant fastere tekstur etter lakefrysing sammenlignet med tradisjonelt fryst råstoff ( $p < 0,001$ ). Lakefryst råstoff hadde etter frysing en gul farge i nakke og buk der fisken har kommet i kontakt med saltlaken under frysing.



Figur 6 Sensorisk råstoffkvalitet på HG kappet hyse(a), sei(b) og torsk(c) før og etter frysing. N=20 per art per uttak.

Lakefrysing påvirker ikke formen på fisken etter innfrysing. Hyse er en art som har utfordringer knyttet til at den blir fort bløt i muskelen under lagring[22]. Rett fangstbehandling, rask nedkjøling og rask innfrysing er viktig. Lakefrysing er en skånsom innfrysingsmetode der fisken ikke blir utsatt for mekanisk press slik en opplever under tradisjonell innfrysing i vertikalfryser. Dette gjør at fisken beholder sin naturlige form under innfrysingen. Pga. saltet er spord og finner myke og de knekker ikke under fryselagring. Skinnen beholder glansen og en ser også at det er en utvasking av blod i nakke og buk slik at fisken ser hvit og delikat ut rett etter frysing. Den rette formen øker pakkevolumet og dette er ugunstig dersom fisken skal transporteres.

## 3.2 FILETPRODUKSJON

### 3.2.1 UTBYTTE

Det er ikke signifikante forskjeller mellom de to innfrysingsmetodene når det kommer til tinetap. Tinetapet ligger mellom 0,41 og 2,09 %. For sei er tinetapte i snitt størst for tradisjonelt fryst sei, mens det for hyse er ganske likt med 0,2 % høyere tinetap for lakefryst hyse (tabell 6).

Filetutbyttet til de tre artene viser også at det er små forskjeller mellom frysemetode. Lakefryst hyse og torsk har henholdsvis 0,9 og 2,7 % høyere filetbytte sammenlignet med tradisjonelt fryst fisk. Forskjellen

er signifikant for lakefryst torsk ( $p=0,05$ ). For sei ser en omvendt tendens med at tradisjonelt fryst sei har 0,5 % høyere filetutbytte enn lakefryst sei. Forskjellen er ikke signifikant (tabell 6).

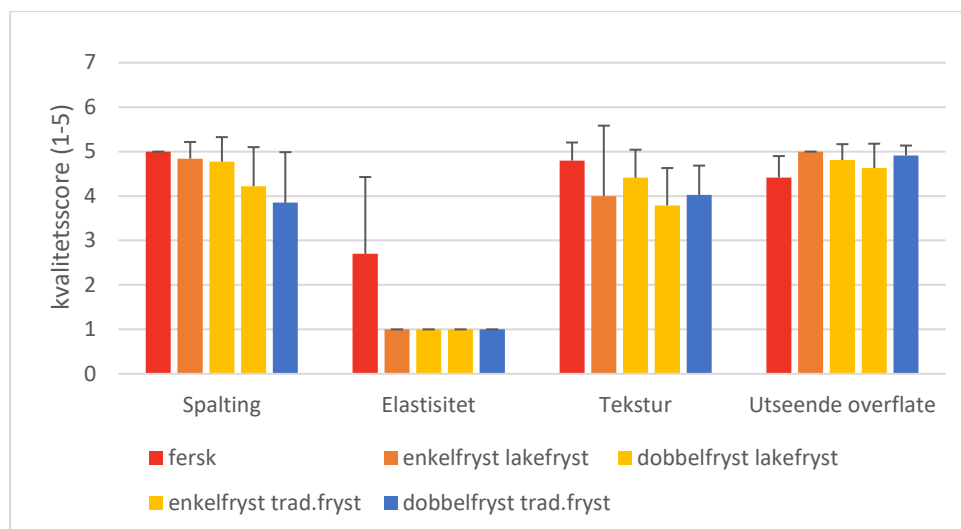
Tabell 6 Gjennomsnittlig tinetap og filetutbytte for lakefryst hyse, sei og torsk og tradisjonelt fryst hyse og sei (standardavvik i parentes).  $N=20$  pr serie

Behandling	Art	Tinetap %	Filetutbytte %
LAKE	Hyse	1,59 (1,03)	50,30 (3,97)
	Sei	0,41 (1,18)	68,61 (2,06)
	Torsk	0,02 (1,82)	62,74 (2,98) <sup>a</sup>
TRAD	Hyse	1,39	49,37 (4,06)
	Sei	2,09	69,13 (8,58)
	Torsk	-	59,98(5,22) <sup>b</sup>

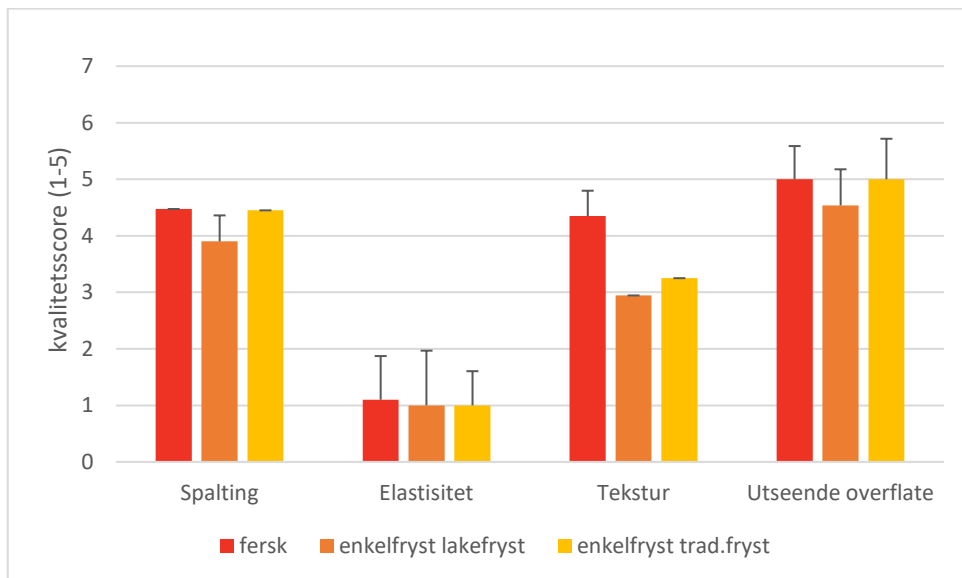
Tidligere studier viser til et optimalt filetutbytte på HG torsk på mellom 65 og 67 % [23]. I våre forsøk ligger filetutbyttet for torsk rundt 5 % lavere. Dette skyndes nok hovedsakelig innstilling på filetmaskin mot stor torsk.

### 3.2.2 KVALITERTSEVALUERING

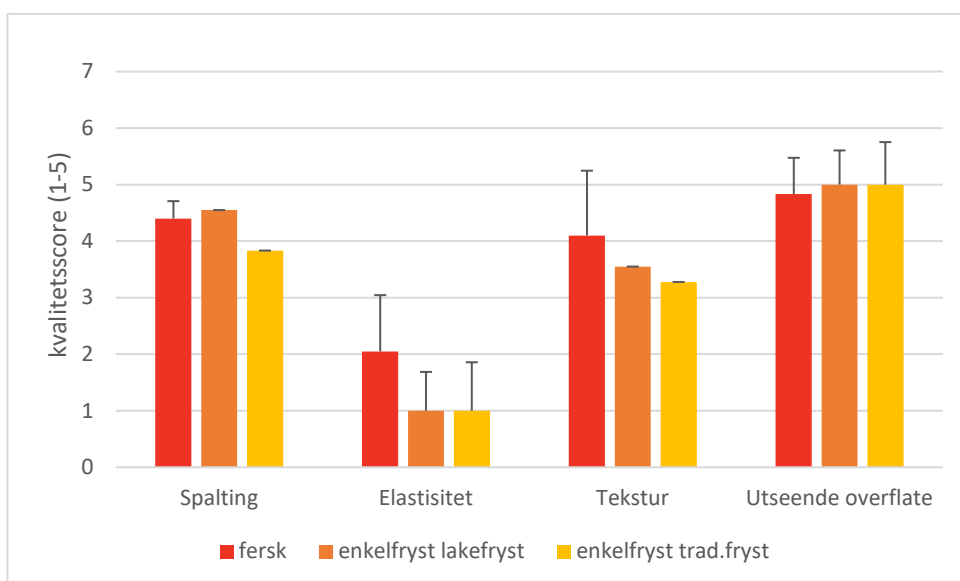
Figur 7-9 viser at det er små sensoriske forskjeller mellom frysemetodene mht. filet kvalitet for de tre artene etter innfrysing. For torsk (figur 7) og sei (figur 9) ser en at tradisjonelt fryst filet har gjennomsnittlig større grad av spalting sammenlignet med fersk og lakefryst filet og for dobbelfryst torskfilet og enkeltfryst seifilet er forskjellen signifikant ( $p<0,001$ ). Elastisiteten til fryst råstoff er også signifikant lavere enn hos fersk filet, men det er ikke forskjeller mellom frysemetodene. En finner ikke signifikante forskjeller på fasthet eller i overflaten på muskelen selv om alle de fryste prøvene hadde gjennomsnittlig lavere score på fasthet sammenlignet med fersk filet.



Figur 7 Gjennomsnittlig sensorisk kvalitet; spalting, elastisitet, tekstur og overflate på fersk, enkeltfryst og dobbelfryst torskfilet.  $N=20$  per uttak.



Figur 8 Gjennomsnittlig sensorisk kvalitet; spalting, elastisitet, tekstur og overflate på fersk og enkelfryst hysefilet. N= 20 per uttak.



Figur 9 Gjennomsnittlig sensorisk kvalitet; spalting, elastisitet, tekstur og overflate på fersk og enkelfryst seifilet. N= 20 per uttak.

Tidligere studier har vist at lakefrysing reduserer spalting etter tining og filetering hos makrell [10]. Dette er delvis i tråd med resultatene funnet i dette prosjektet. Årsaken til redusert spalting kan være raskere innfrysingshastighet eller redusert mekanisk påkjenning på fileten sammenlignet med tradisjonelt fryst fisk.

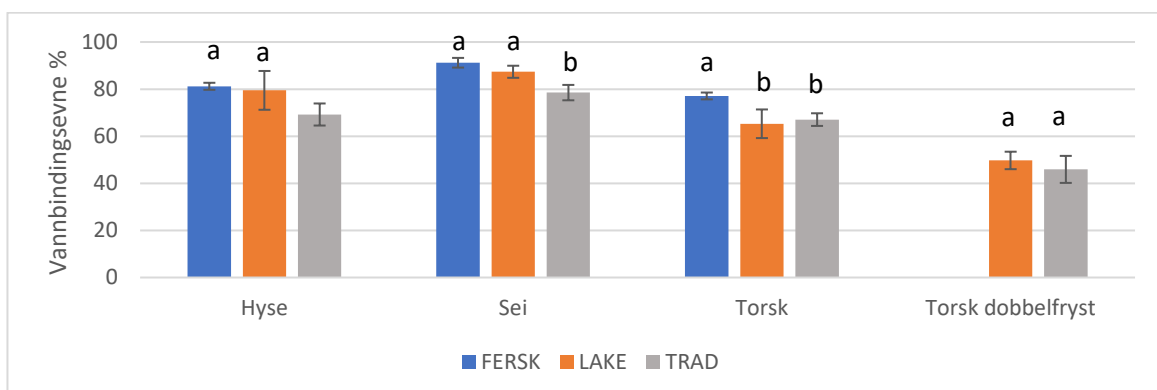
### 3.2.3 KJEMISKE ANALYSER

Tabell 7 viser at vanninnholdet i både sei og hyse har gått litt ned som følge av fryseprosessen, men at torsk holder seg stabil både etter enkel og dobbel innfrysing når en sammenligner med vanninnhold i ferskt råstoff (tabell 3).

Tabell 7 Vanninnhold i hyse, sei og torsk etter enkeltfrysing, og dobbel innfrysing i torsk og saltinnhold i torsk etter enkeltfrysing. Gjennomsnittsverdien (g/100g) av 20 individer med standardavvik vist i parentes.

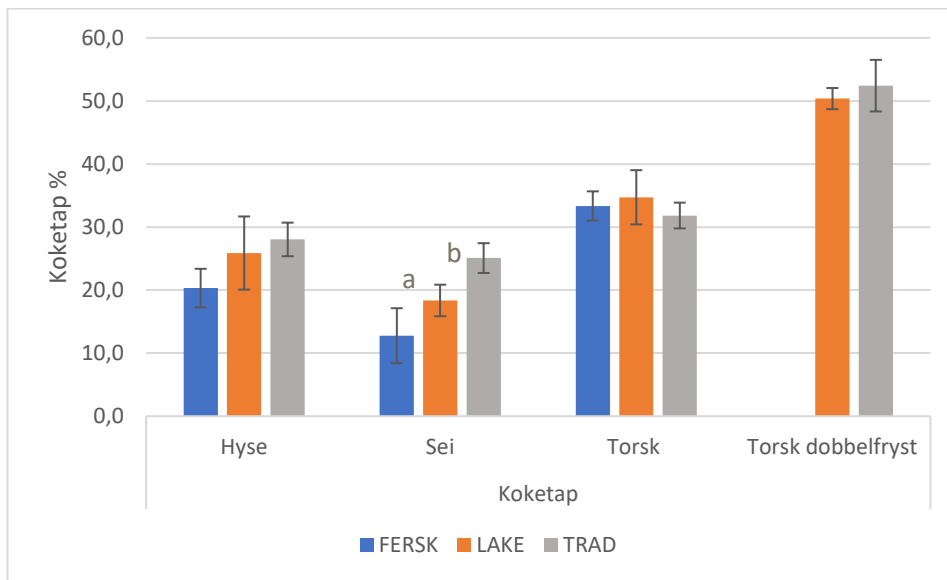
Analyse	Art	LAKE	TRAD	Signifikante forskjeller
Vanninnhold (g/100g)	Torsk enkeltfryst	82,7 (0,41)	82,68 (0,47)	Nei
Saltinnhold (g/100g)	Torsk enkeltfryst	0,60 (0,06)	0,41 (0,08)	Ja (p<0,0001)
Vanninnhold (g/100g)	Torsk dobbelfryst	82,44 (0,35)	82,61 (0,59)	Nei
Vanninnhold (g/100g)	Hyse enkeltfryst	84,14 (0,41)	84,15 (0,70)	Nei
Vanninnhold (g/100g)	Sei enkeltfryst	80,09 (0,17)	79,74 (0,22)	Nei

Av figur 10 ser vi at ferskt råstoff har høyest vannbinding for alle tre arter, og at vannbindingen avtar ved enkelt og dobbelfrysing. Sei har høyest vannbinding for alle råstofftyper, etterfulgt av hyse og torsk. For alle målinger gir råstoff som er lakefryst høyere vannbinding enn det samme råstoffet som ble vertikalfryst. Unntaket er for torsk der vertikalfryst er 1,8 % høyere. Forskjellen er størst for hyse og sei, med henholdsvis rundt 10 og 9 % forskjell. Forskjellen for enkelt og dobbelfryst torsk var henholdsvis 1,8 og 3,8 %. En mulig forklaring på hvorfor vannbindingsevnen er høyest for hyse og sei er at HG-vekten for disse artene var vesentlig lavere enn for torsk. Dette medførte at innfrysingstiden ved innfrysing i lake ble betydelig kortere for førstnevnte arter enn for torsk. Den lange innfrysingstiden i lake kan også være forklaringen på at vannbindingsevne for lakefryst torsk ikke var høyere enn for vertikalfryst. Vannbindingsevnen til lakefryst hyse og sei er like god som i ferskt råstoff og signifikant høyere (p<0,001 for begge) enn i tradisjonelt innfryst hyse og sei. Både lakefryst og tradisjonelt fryst torsk har signifikant dårligere vannbindingsevne sammenlignet mot fersk (p <0,001).



Figur 10 Vannbinding for ferskt, enkelt- og dobbelfryst råstoff (N=5 og data for hvert individ består av triplikate målinger).

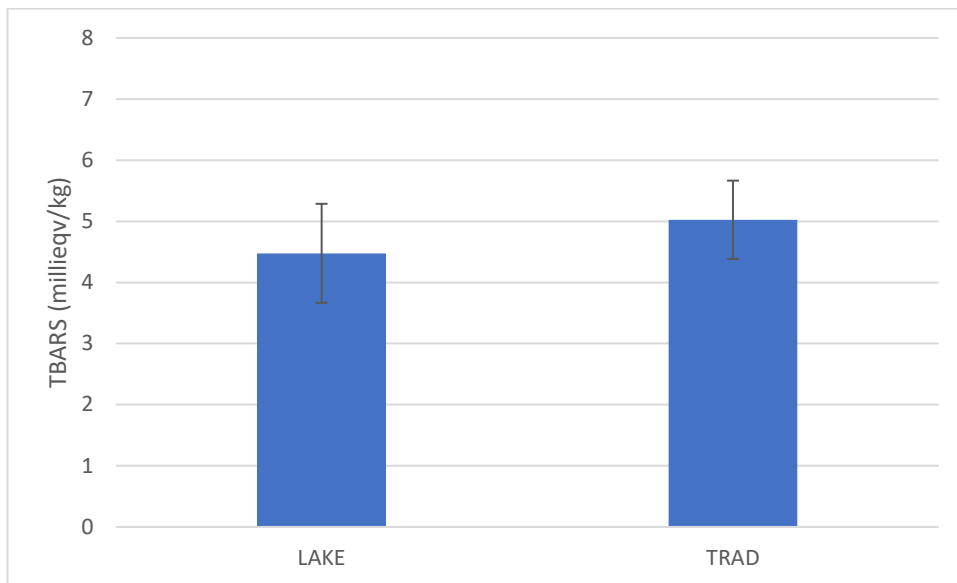
Koketapet følger trenden til vannbindingsevnen der koketapet er lavest for ferskt råstoff og der sei har lavest koketap etterfulgt av hyse og torsk (Figur 11). Lakefryst sei har signifikant lavere koketap enn tradisjonelt fryst sei ( $p=0,05$ ). Koketapet øker betydelig fra enkeltfryst til dobbelfryst råstoff av torsk, fra litt over 30 % til rundt 50-52 %. Som for vannbinding er koketapet noe lavere for lakefryst råstoff enn for tradisjonelt innfryst råstoff. Unntaket er at i likhet med vannbindingsevnen til torsk er koketapet litt høyere for lakefryst råstoff på 34,7 %, mot 31,8 % for vertikalfryst . Som for vannbindingsevne, er verdiene for koketap mer positive (lavest mulig koketap er gunstig) for sei og hyse enn for torsk. Den samme forklaringen som gitt under vannbindingsevne kan være forklaringen på disse resultatene.



Figur 11 Koketap for ferskt, enkelt- og dobbelfryst råstoff (N=5 og data for hvert prøve består av triplikate målinger).

TBARS verdien i dobbelfryst torskefilet er på henholdsvis 4,5 og 5 millieqv/kg for lakefryst og tradisjonelt fryst torsk. Det er ikke signifikant forskjell mellom innfrysingsmetodene (Figur 12).





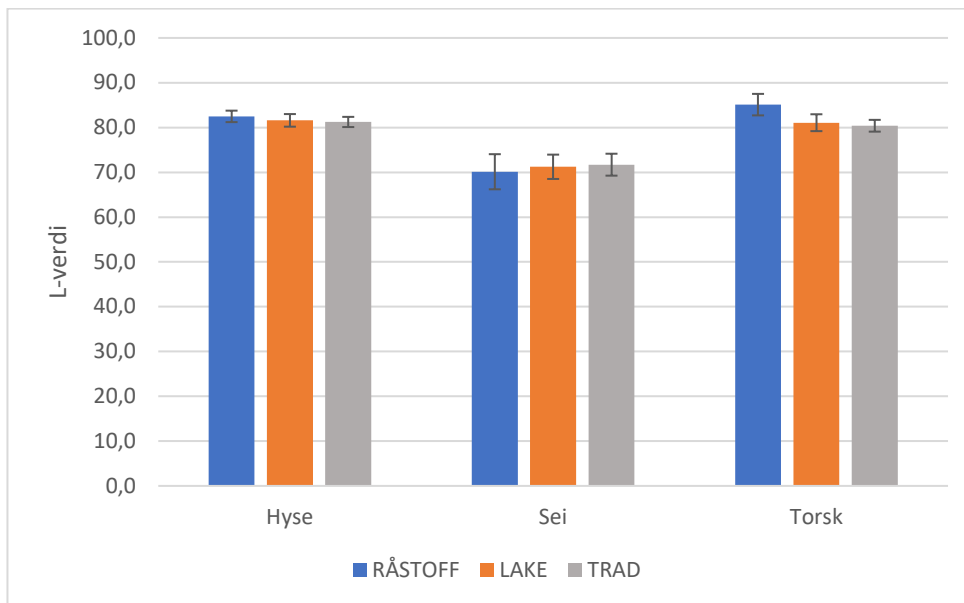
Figur 12 TBARS for dobbelfryst torsk (N=5 og data for hver prøve består av duplikate målinger).

TBARS verdien som er målt etter 8 måneders fryselagring er generelt lav. Det at en ikke ser signifikante forskjeller mellom frysemetodene bekrefter de sensoriske analyser med at gulfargen som ble observert på HG-fisk er trimmet bort fra filetene. Tidligere studier på produkt av sild, har vist at TBARS-verdi på 50-80 millieqv/kg korrelerer med nedsatt sensorisk kvalitet [24, 25]. For makrell har en derimot sett at TBARS-verdier opp mot 120 millieqv/kg ikke har diskvalifisert råvaren i forhold til konsum[10]. Resultatene korrelerer med tidligere lagringsforsøk gjennomført på makrell [9]. Sveinsdóttir, Karlsdóttir [26] viser til at ubehandlet makrellfilet har en uakseptabel harsk smak etter 2,5 mnd. fryselagring. I dette forsøket har en derimot et TBARS-nivå som er tre ganger så høyt som i våre forsøk. Dette kan tyde på at råstoffet som ble benyttet hadde nedsatt kvalitet ved innfrysing som bidro til å redusere lagringstiden.

At oksidasjon i lakefryst fisk var lik tradisjonelt fryst fisk korrelerer også med tidligere studier på makrell og sild [10, 20]. Hvitfisk er fettfattig råstoff og proteinoksidasjon bør kartlegges.

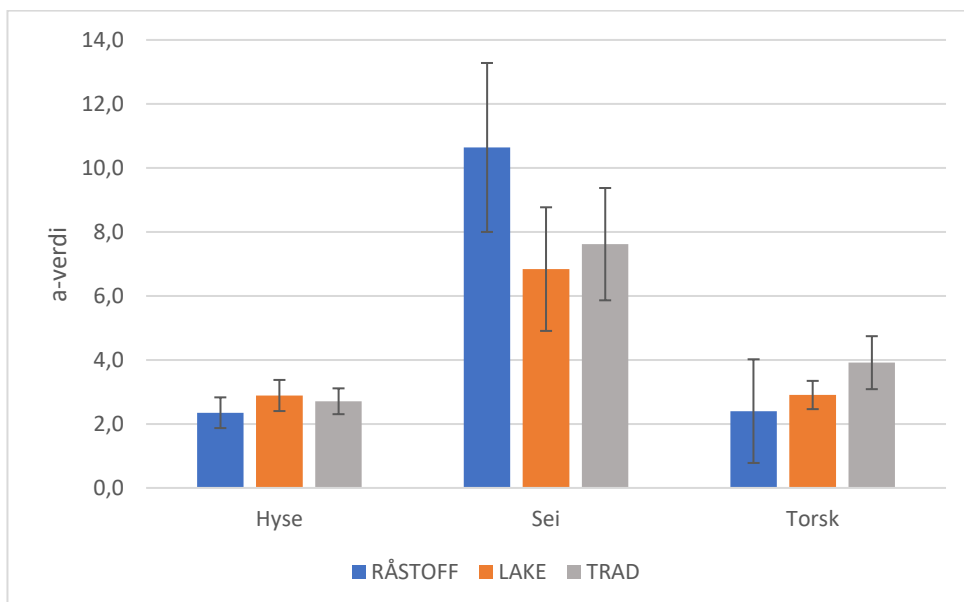
### 3.2.4 FARGEANALYSER

Fileter av torsk, sei og hyse ble analysert for muskelfarge ved bruk av bildeanalyser rett etter filetering samt etter tining av enkeltfryst filetråstoff. Figur 13 viser at lysheten (L-verdien) var noe lavere for sei (rundt 70) enn for torsk og hyse (rundt 80-85). For hyse og sei var verdiene svært lik for alle grupper, men for torsk gikk lysheten ned ved frysing fra 85 til ca. 80 i verdi. Dataene viser at filetlysheten i liten grad påvirkes av frysemetoden.



Figur 13 Lyshet på filet fra ferskt råstoff og etter lake- og vertikalfrysing. Etter tining av HG fisk ble lyshet av filet fra hyse, sei og torsk målt som på råstoffet. N=20.

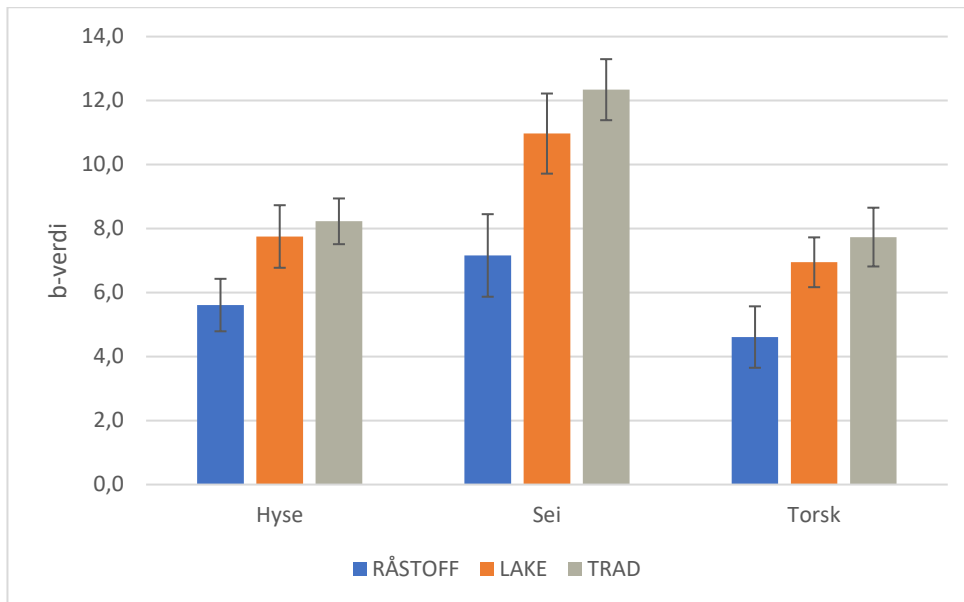
Figur 14 viser intensitet av rødfarge (a-verdi) til fileter før innfrysing samt etter frysing og tining av HG fisk etterfulgt av filetering. Sei skilte seg ut som klart mest rød både før og etter frysingen. For sei gikk rødfargen ned etter frysing, mens det motsatte ble registrert for hyse og torsk. For sei og torsk er det en trend til at tradisjonell innfrysing gir litt mer rødfarge enn lakeinnfrysing.



Figur 14 Rød-Grønn farge på filet av ferskt råstoff og etter lake- og vertikalfrysing. Etter tining av HG fisk ble lyshet av filet fra hyse, sei og torsk målt som på råstoffet. N=20.

Figur 15 viser at guldfargen (b-verdien) økte for alle råstofftyper etter frysing og tining. Sei var klart mest gul (11-12 i b-verdi) mens torsk og hyse var om lag like gule (7-8 i b-verdi). Det var

også en trend til at tradisjonell frysing gav gulere filetfarge enn lakefrost råstoff, men forskjellene er ikke signifikante.



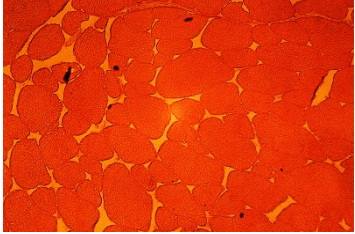
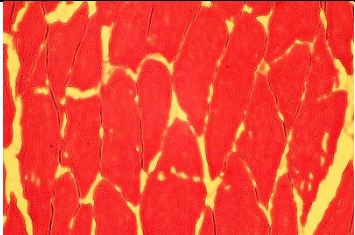

Figur 15 Gul-Blå farge på filet av ferskt råstoff og etter lake- og vertikalfrysing. Etter tining av HG fisk ble lyshet av filet fra hyse, sei og torsk målt som på råstoffet. N=20.

Den sensoriske evalueringen av lakefrost HG fisk viste en begynnende gul farge i muskel som hadde vært i kontakt med saltlake under frysing. Etter filetering var denne gule fargen ikke lenger synlig og fargeanalysene støtter opp under denne observasjonen.

### 3.2.5 HISTOLOGISK VEVSANALYSE

Tabell 8 viser cellekondisjon og avstand mellom cellene i muskel fra hyse. Fersk prøve ble sammenlignet med de to frysemetodene LAKE og TRAD. Cellekondisjon går ned og avstanden mellom cellene øker når muskelen har vært utsatt for frysing. LAKE har i snitt en cellekondisjon på 1,56 og TRAD har i snitt en cellekondisjon på 1,40. Forskjellene er ikke signifikante. Også med hensyn til avstand mellom cellene ser en forskjell mellom de to innfrysingsmetodene der LAKE har en avstand på 0,12 og TRAD har en avstand på 0,28. Forskjellen er signifikant ( $p < 0,001$ ). Innfrysingsmetoden LAKE gir ikke signifikant forskjell på avstand mellom celler sammenlignet med ferskt råstoff.

Tabell 8 Gjennomsnittlig cellekondisjon og celleavstand for fersk, lakefryst og tradisjonelt fryst hyse (standardavvik i parentes). N=15

Behandling	Cellekondisjon (1-3)	Avstand celler	Illustrasjon
FERSK	2,94 (0,24)	0,07 (0,12) <sup>a</sup>	
LAKE	1,56 (0,67)	0,12 (0,15) <sup>a</sup>	
TRAD	1,40 (0,70)	0,28 (0,15) <sup>b</sup>	

Frysesnitt har tidligere vært benyttet på vev fra feit fisk [27]. Dette gav et godt histologisk bilde. For fettfattig fiske som torsk, hyse og sei var derimot metodikken ikke optimal. Det var spesielt vanskelig å opparbeide fryste prøver og som et resultat av dette er det kun resultat fra fersk og fryst hyse som er presentert i rapporten. For sei og torsk var skadene på selve snittene så omfattende at det var vanskelig å skille mellom hva som var fryseskade og hva som var skade knyttet til opparbeiding av frysesnittene. Histologisk bilde av vevsnitt er en god måte å vurdere andel fryseskade i vev, men for mager fisk bør nok tradisjonell innstøping i parafin eller plast benyttes for å få et godt histologisk bilde.

### 3.3 KLIPPFISKPRODUKSJON

Råstoffet hadde en temperatur på - 16,2 og - 17,0 °C for LAKE mens tilsvarende verdier for TRAD var - 17,1 og - 19,0 °C. Tinetiden for LAKE var 10 timer og 30 minutter. Det tok 6 timer og 45 minutter lengre å tine TRAD gruppe til en lignende kjernetemperatur på ca. 0-1 °C.

Gjennomsnittsvekten på sløyd, hodekappet fisk etter tining var 4360 ± 519 g for LAKE, 4620 ± 800 g for TRAD og 5372 ± 1573 g ABS. Etter flekking av tint fisk var muskeltemperaturen i nakken på LAKE, TRAD og ABS henholdsvis 0,4 °C (± 1,2), 0,8 °C (± 1,3) og 0,2 °C (± 1,4). Utbytte for

respektive grupper var etter flekking (gjenværende vekt av tint sløyd og hodekappet fisk) 90,4, 90,9 og 91,6 %.

### 3.3.1 KVALITETSEVALUERING SALTISK

Tabell 9 viser den sensorisk kvalitetsscore for flekket torsk fra grupper av LAKE, TRAD og ABS. Den største forskjellen mellom gruppene av flekket fisk var at LAKE hadde tydelig gul misfarging av nakke og sløyenesnittet (Figur 16). Dette ble ikke registrert for de to andre gruppene. Gruppen LAKE hadde mindre blodfeil (blodflekker i muskel) enn spesielt TRAD. Ellers var ABS noe mer spaltet og TRAD hadde en litt mindre fasthet på muskel. Det ble ikke registrert skader på skinn, spord eller finner som en konsekvens av frysemetoden for gruppe LAKE.

Tabell 9 Sensorisk score for flekket torsk fra grupper av LAKE, TRAD og ABS. Gjennomsnitt og standardavvik for 30 fisk vist for hver gruppe og av 3 dommere. Jo høyere score jo bedre kvalitet (mindre feil).

	Flekkefeil	Skader skinn	Blodflekker	Gul misfarging snittflater	Skader finne og spord	Spalting	Fasthet
LAKE	1,9 (±0,3)	3,0 (±0,0)	2,8 (±0,4)	2,2 (±0,5)	3,9 (±0,3)	4,8 (±0,5)	5,0 (±0,0)
TRAD	1,9 (±0,3)	3,0 (±0,0)	2,3 (±0,6)	2,9 (±0,3)	3,8 (±0,4)	4,5 (±0,6)	4,3 (±0,5)
ABS	1,9 (±0,3)	2,8 (±0,4)	2,5 (±0,5)	2,9 (±0,3)	3,9 (±0,3)	4,2 (±0,7)	5,0 (±0,2)

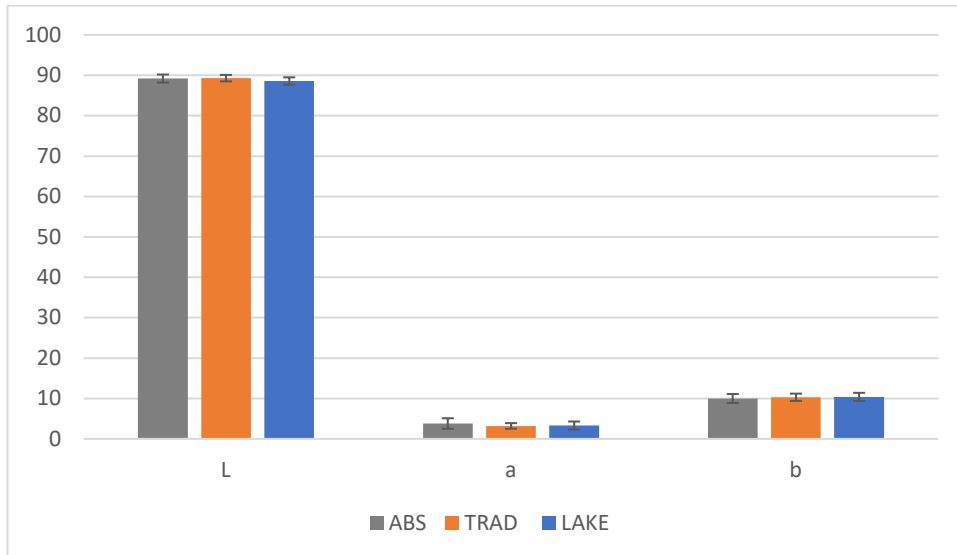


Figur 16 Nakkekutt for gruppen LAKE (til venstre) og TRAD etter flekking og før salting

### 3.3.2 FARGEANALYSER

Resultatene fra fotoanalyser av fiskemuskel (tykkfisken) rett etter flekking av torsk viser ingen forskjeller i gulffarge mellom gruppene (Figur 17). Denne delen av muskelen var ikke direkte eksponert for laken under innfrysing slik som nakke og sløyenesnittet var. Dette kan være grunnen

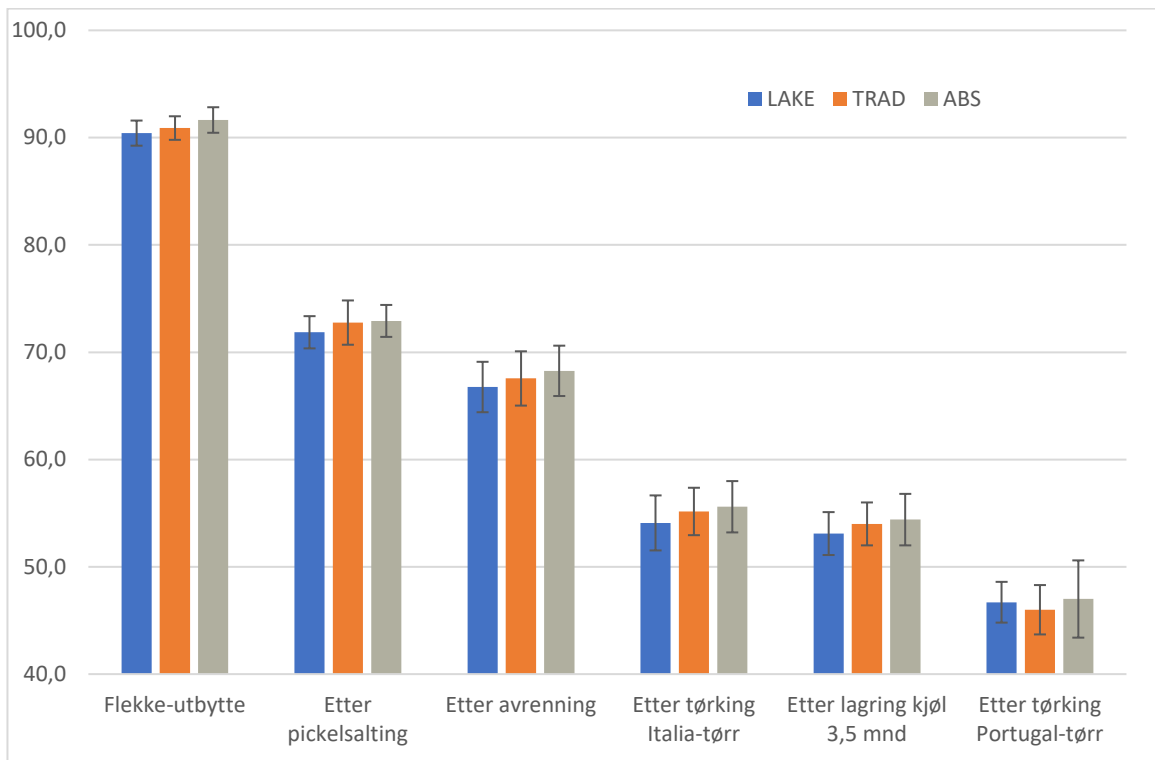
til at tykkfiskmuskelen ikke er gulere for LAKE—gruppen. Det var også svært små forskjeller i L-verdi (hvithet), mens a-verdi (rødfarge) var noe høyere (rødere) for ABS enn de to andre gruppene, men forskjellen er ikke signifikant.



Figur 17 Instrumentelt målt farge på tykkfiskmuskel for torsk rett etter flekking ved bruk av fototelt og -analyse. (N=30 per gruppe). L-verdi (jo høyere jo hvitere), a-verdi (jo høyere jo rødere) og b-verdi (jo høyere jo gulere).

### 3.3.3 UTBYTTE

Vektutbytter før og etter avrenning på pall ved 1 °C i 4 dager er vist i Figur 18. Etter avrenning ble utbyttet for gruppene redusert med rundt 5 % fra 71,9-72,9 % til 66,8-68,3 %. LAKE hadde ca. 1 % lavere utbytte enn TRAD både før og etter avrenning. Etter avrenning hadde ABS høyest utbytte på 68,3 %. Dette var 0,7 % høyere enn TRAD og 1,5 % høyere enn LAKE.

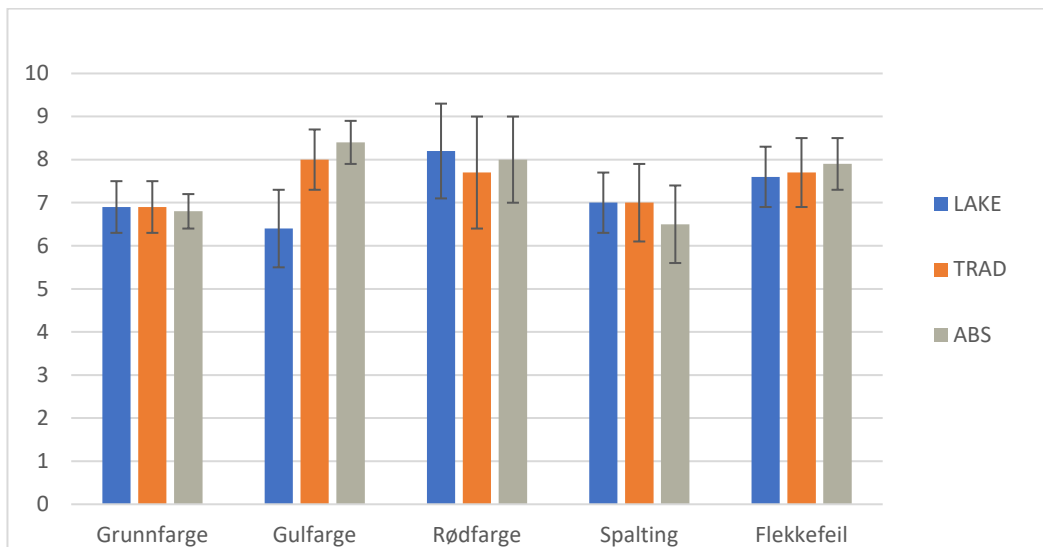


Figur 18 Gjennomsnittlige vektutbytter for LAKE, TRAD og ABS etter flekking, pickelsalting, avrenning, tørking, lagring og ettertørking (N=30).

Etter avrenning ble alle grupper tørket etter bedriftens standard tørkemetode til «Italia-tørr» klippfisk. Klippfisk ble veid etter tørking før videre lagring i kartonger på kjølerom i 3,5 måneder ved 2 °C før ny vektregistrering ble utført. Klippfiskutbyttene (Figur 20) viser samme trend som for saltfisk. Forskjellen mellom LAKE og ABS var som for saltfisk etter tørking, og sank til 1,3 % etter lagring som «Italia-tørr». Etter tørking til «Portugal-tørr» er det TRAD som har det laveste utbyttet på 46 %, mens forskjellen mellom LAKE (46,7 %) og ABS (47,0 %) har blitt redusert til 0,3 %.

### 3.3.4 KVALITETSEVALUERING KLIPPFISK

Figur 19 viser at lakefryst klippfisk har signifikant gulere farge (spesielt i nakke og buk) enn i klippfisk produsert av tradisjonelt fryst råstoff. Dette bekrefter resultatene for flekket fisk. Klippfisk fra lakefryst råstoff har også blodflekker enn de to andre gruppene. ABS er også som klippfisk litt mer spaltet enn de to andre gruppene.



Figur 19 Sensorisk kvalitet for Italia-tørket klippfisk fra LAKE, TRAD og ABS grupper (N=30). Score 9 til 1 der høyere score indikerer bedre kvalitetsegenskaper. Gjennomsnitt av fire dommere vist.

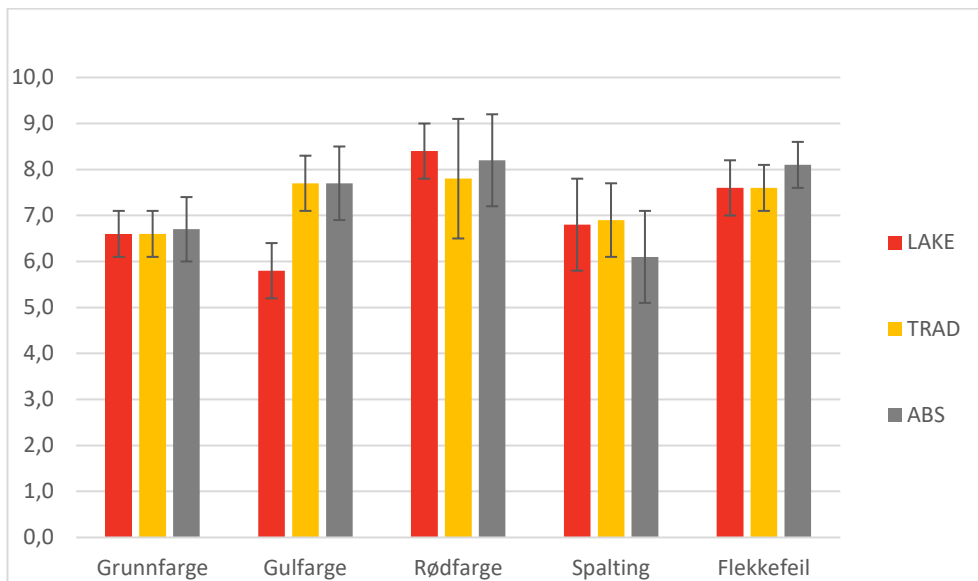
Figur 20 viser de tre gruppene med «Italia-tørr» klippfisk.



Figur 20 Italia-tørket klippfisk for gruppene LAKE (t.v), TRAD (midt) og ABS (t.h)

De samme trendene som for «Italia-tørket» klippfisk ble registrert etter at klippfisken ble ettørtørket til «Portugal-tørrhet». I den sensoriske vurderingen ble scorene for grunnfarge, gulffarge og spalting litt lavere for alle grupper (Figur 21).





Figur 21 Sensorisk kvalitet for Portugal-tørket klippfisk fra LAKE, TRAD og ABS grupper (N=30). Score 9 til 1 der høyere score indikerer bedre kvalitetsegenskaper. Gjennomsnitt av fire dommere vist.

En evaluering av alle grupper klippfisk ble også utført både som Italia- og Portugal-tørket av to personer fra ABS (Rune Bjørge) og Møre Codfish (Kjetil Tennfjord Aarseth). Italia-klippfisken ble vurdert etter kvalitetskrav for Italia og ble vurdert som passe tørket for alle grupper til dette markedet. ABS gruppen var noe gråere og hadde mer innslag av blod i buk enn de andre gruppene. Totalt 3 av 10 fisk ble vurdert som universal, resten superior på grunn av feil som blod i buk og spalting. TRAD gruppa hadde ingen spalting og var lysere og med mindre blod enn ABS gruppen. Totalt 1 av 10 ble nedklassert til universal. LAKE gruppen hadde også et lysere preg med mindre blod enn ABS, men mer lik TRAD gruppen. Forskjellen var gulfargen spesielt i nakke og sløyesnitt samt buker som Italia-markedet vil tolke som et «gammelt-preg». 10 av 10 fisk ble vurdert som universal på grunn av gulfargen. Klippfisk fra lake-gruppen egner seg godt for det Portugisiske markedet da litt gulfarge ofte ses på som et kvalitetsstempel. Til Italia derimot, vil denne gulfargen kunne redusere prisen da dette markedet verdsetter lys og hvit klippfisk høyest. For at gruppene skulle kunne vurderes ut fra kriterier for Portugal, ble fisken tørket mer for å tilfredsstillende krav til vanninnhold i dette markedet.

Etter en ny tørkerunde for å oppnå Portugal-tørkhet ble alle tre grupper vurdert på samme måte som beskrevet ovenfor. Når fisken tørkes mer blir det sagt at den generelt blir hvitere og finere. ABS fisken (Russisk lineråstoff) hadde jevnet seg ut i farge, noe som er vanlig når fisken ligger på kjølelager etter tørking. All fisk ble vurdert som av topp kvalitet for det Portugisiske markedet. TRAD gruppen hadde mindre fremtredende blodflekker og en jevnere hvitere farge som var mindre gul enn LAKE gruppen. Heller ingen fisk i disse gruppene ble nedklassifisert. Den gule misfargingen av buk, sløyesnitt og nakke var mindre fremtredende i Portugal- enn i Italia-tørket klippfisk. Gulfargen kan også være en fordel fordi en i Portugal-markedet foretrekker klippfisk produsert fra ferskt råstoff. Denne fisken er vanligvis noe gulere enn klippfisk produsert fra fryst råstoff. Generelt ble alle kvalitetsfeil mindre synlige etter den ekstra tørkingen. Dette er ikke i samsvar med resultatene fra den sensoriske vurderingen utført av trente forskere, der Portugal-

tørrhet så ut til å komme dårligere ut. Grunnen til dette er ikke klar, men kan m.a. komme av variasjoner i dommer vurderinger eller lysforhold. Forskjellene er ikke store, og standardavvikene overlapper for alle verdier (ikke signifikant forskjellige).

### 3.3.5 KVALITETSEVALUERING UTVANNET KLIPPFISK

For å få mer informasjon om kvalitetsforskjellene mellom innfrysingsmetodene ble alle grupper utvannet og kvaliteten vurdert på nytt både som rått og kokt produkt.

Saliniteten i vannet under utvanning ble målt etter at vannet var godt omrørt. Etter 24 timer lå saltinnholdet i utvanningsvannet på 2,1-2,2 % for alle fire grupper. Etter 48 timer skilte de to Italia-tørket gruppene seg ut ved å ha noe mindre salt i vannet (2,2 %) enn de Portugal-tørkede gruppene (2,4 %).

En visuell vurdering under fotografering viste at Lake-Italia var mørkest mens Lake-Portugal både var hvitest og gulest, spesielt etter utvanning. Spesielt buker og buksnitt var gulere for lakefryste prøver enn tradisjonelt innfryste prøver (Figur 22 og 23).



Figur 22 Biter før (t.v) og etter utvanning i 48 timer



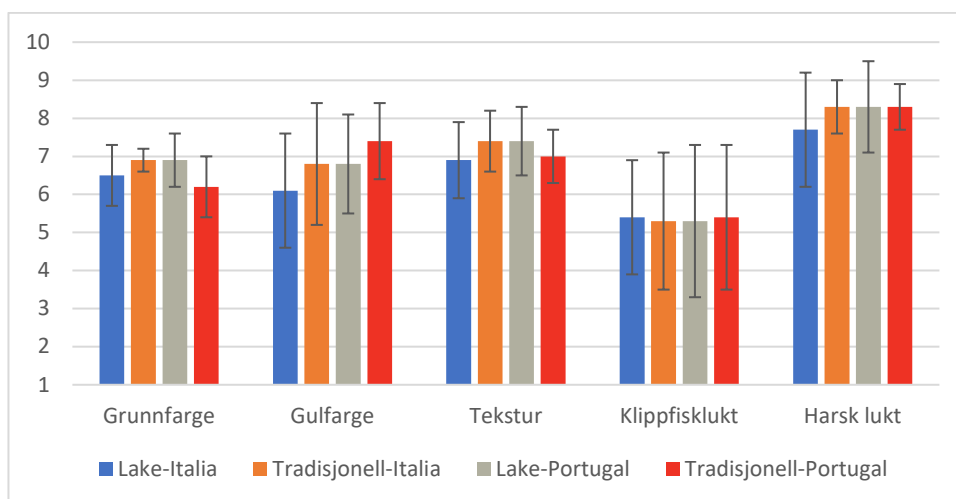
Figur 23 Forskjell i guling mellom lake og tradisjonell innfrysing

Utvanningen medførte et høyt utbytte (21 til over 24 %) der Portugal-tørket fisk som forventet gav høyest utbytte siden den var mest tørket (Tabell 10). Saltinnholdet i laken endret seg lite fra 1 til 2 døgn. Dette tyder på at saltet ytterst på fisken går ut i laken i løpet av det første døgnet. Fra det første til det andre døgnet går det lite salt ut av biten, men saltet blir overført fra kjernen og utover i biten slik at saltinnholdet jevnes ut.

Tabell 10 Total vekt, utbytte, salinitet og vannmengde for utvannede grupper av klippfisk

Gruppe	Totalvekt 5 biter	Mengde vann før utvanning	Vektøkning etter utvanning	Mengde vann etter utvanning	Saltinnhold i vann e. 24 timer (%)	Saltinnhold i vann e. 48 timer (%)
Lake - Italia	1748 g	15,7 L	22,9 %	14,6 L	2,1	2,1
Lake - Portugal	1316 g	11,8 L	23,7 %	11,1 L	2,2	2,4
Tradisjonell - Italia	1877 g	16,9 L	21,2 %	15,9 L	2,2	2,2
Tradisjonell - Portugal	1442 g	13,0 L	24,3 %	12,2 L	2,2	2,4

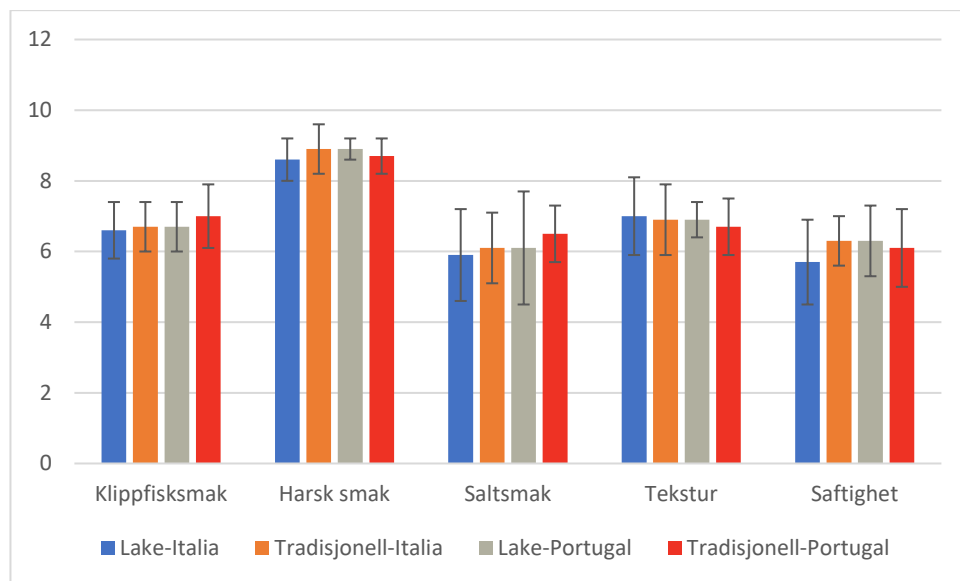
Det var ingen betydelige forskjeller mellom innfrysings-metodene eller tørkegradene når det gjaldt sensoriske egenskaper. Det var en trend til at det var mer gulfarge på lakefryste prøver, spesielt i buksnitt og buk. Ellers var det ingen systematiske forskjeller for rå klippfiskbiter (Figur 24).



Figur 24 Sensorisk vurdering av utvannede klippfiskbiter før varmebehandling. Grunnfarge 1 er mørk og 9 er helt hvit, gulfarge 1 er meget gul og 9 ingen gulfarge, tekstur 1 er bløt og 9 hard, klippfisklukt 1 er ingen

og 9 er kraftig, harsklukt 1 er meget harsk og 9 uten harsk lukt. Gjennomsnitt og standardavvik for 5 dommere og 5 biter vist.

For dampkokte (15 minutter) smaksprøver fra tykkfisker, var det ingen entydige forskjeller mellom gruppene (Figur 25). Alle grupper hadde litt over middels kraftig klippfisksmak og smakte lite eller ikke harskt, samt at de var litt for salte. Saltinnholdet var passe i bukene, men litt til noe for mye salt i tykkfisker og disse bitene burde ha blitt utvannet i 3 døgn. Visuelt var gul fargen som ble registrert i buksnitt og bukklapp noe mer tydelig etter varmebehandlingen.



Figur 25 Sensorisk vurdering av utvannede klippfiskbiter etter varmebehandling. Klippfisksmak 1 er ingen smak og 9 er kraftig smak, harsk smak 1 er kraftig og 9 er ingen harsk smak, saltsmak 9 er alt for mye, 5 er passe og 1 er alt for lite salt smak, tekstur 1 er svært myk og 9 er meget fast, saftighet er 1 svært tørr og 9 er meget saftig. Gjennomsnitt og standardavvik for 5 dommere og 5 biter vist.

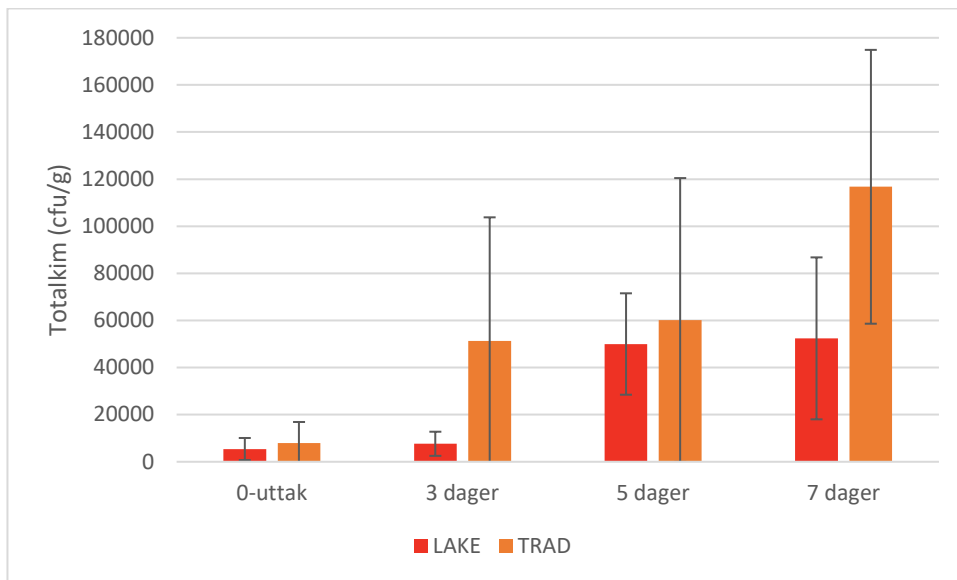
Basert på resultater som viser at misfarget klippfiskmuskel verken luktet eller smakte mer harskt eller hadde høyere nivå av lipidoksidasjon, virker det ikke som det er lipidoksidasjon som er hovedårsaken til den gule misfargingen av fiskekjøttet. Fiskemuskel består hovedsakelig av protein og det er derfor nærliggende å anta at proteinoksidasjon kan være en årsak til misfargingen. Det ble også observert at misfargingen i hovedsak var i overflaten av muskelen, noe som indikerer at tilstanden er avhengig av tilgang på luft. I de områdene som ble mest gul var antakelig også saltopptaket under lakefrysingen størst for HG-fisken fordi disse områdene (nakkekutt og sløyessnitt) var mest eksponert for laken. Det er kjent at salt er en prooksidant, men at NaCl også kan virke som en antioksidant ved kopper-indusert lipidoksidasjon [28]. At proteinoksidasjon kan øke gul farge i fiskeprodukt er vist i Kvangarsnes et al. [29], der antioksidanten propyl gallat reduserte gul fargen på fiskeprotein hydrolysat fra både laks og ørret.

Gul farge ble redusert både i det ferske hydrolysatet og under videre lagring av frysetørket hydrolysat i 6 måneder ved 20 °C. Videre forsøk bør gjennomføres for å kartlegge hva denne gul fargen kommer av i lakefrost råstoff, samt å kartlegge mulige alternative løsninger på

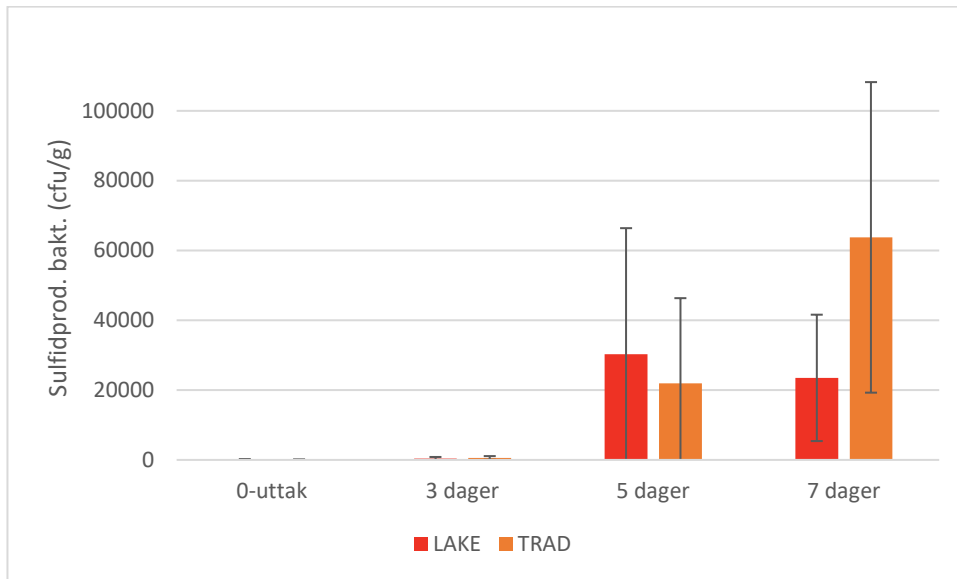
problemet. I tillegg til bruk av antioksidanter kan et alternativ være å kartlegge effekten av å kjøle HG-råstoff av torsk ned til en kjernetemperatur på 0° C i isvann (uten salt) før overføring til laken. Dette blir gjort i USA ved lakefrysing av skalldyr for å minimere opptaket av salt (pers.med. Overvåg, MMC First Prosess). I forsøk med lakefrysing av sei ble fisken etter innfrysing med lake overrislet med ferskvann for å forsøke å fjerne noe av saltet i overflaten [30]. Dette kan også være en metode å teste ut der fisk etter innfrysing i lake overrisles med ferskvann for å fjerne salt som blir tatt opp under innfrysingen. En annen fordel kan være at denne overrislingen medfører at fisken blir glasert med ferskvann. Dette kan redusere videre oksidasjon under fryselagringen av råstoffet.

### 3.4 HOLDBARHET REFRESHED TORSKEFILET

Etter 7 dagers kjølelagring av torskefilet hadde gruppen LAKE gjennomsnittlig lavere kimtall enn TRAD. Forskjellen var signifikant (innenfor nivå 0,10 med  $p=0,07$ ) (Figur 26). Nivå av sulfatproduserende bakterier var også gjennomsnittlig høyest for gruppen TRAD, men her er forskjellene ikke signifikante (Figur 27).

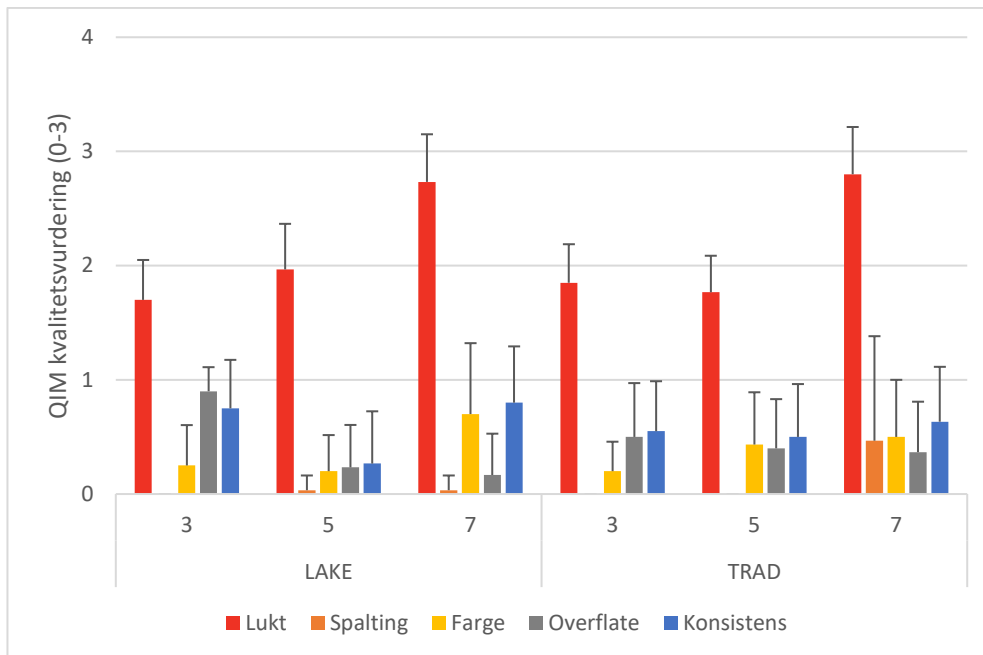


Figur 26 Gjennomsnittlig bakterieinnhold i muskel for enkeltfrost torskefilet kjølelageret i inntil 7 dager. N= 5 per uttak.



Figur 27 Gjennomsnittlig mengde sulfidproduserende bakterier i muskel for enkeltfrost torskfilet kjølelageret i inntil 7 dager. N= 5 per uttak.

Sensorisk ble både gruppen LAKE og TRAD vurdert som uegnet for konsum etter 7 dagers lagringstid. Begge seriene har da en avvikende lukt (karakter 3) på hovedparten av bitene. Det er ikke signifikante forskjeller mellom seriene (Figur 28). I kommentarfeltet er det flere av dommerne som beskriver at gruppen TRAD har en mer svampaktig konsistens enn LAKE og at den slipper væsken lettere ved trykk. Dette er i tråd med observasjoner gjort under produksjon av enkeltfrost filet.



Figur 28 Gjennomsnittlig sensorisk kvalitet knyttet til kvalitetsparameteren; lukt, spalting, farge, overflate filet og konsistens gjennom 7 dagers lagringstid. N= 5 per uttak.

---

#### 4. HOVEDFUNN

---

- Lakefrysing av fisk er en energieffektiv innfrysingsmetode med et teoretisk energiforbruk på 0,08 kwh/kg. Innfrysing i vertikal fryser og tunnel har henholdsvis et teoretisk energiforbruk på 0,11 kwh/kg og 0,15 kwh/kg.
- Lakefrysing øker saltinnhold i muskel med 0,19 g/100 g.
- Sensorisk kvalitet på HG fisken etter frysing viser at lakefryst hyse har signifikant fastere tekstur enn tradisjonelt fryst hyse.
- Lakefryst råstoff har etter 6 mnd. fryselagring fått en gul farge i nakke og buk der fisken har kommet i kontakt med laken. Gul fargen er derimot ikke synlig etter filetering og har ikke medført økt harskning i muskel.
- Filet fra lakefryst torsk har signifikant bedre filetutbytte sammenlignet med filet fra tradisjonelt fryst torsk.
- Filet av lakefryst sei og torsk har signifikant mindre spalting etter innfrysing sammenlignet med tradisjonelt fryst råstoff.
- Lakefryst sei og hyse har bedre vannbindingsevne sammenlignet mot tradisjonelt vertikalt fryst råstoff.
- Tinefersk torsk uavhengig av frysemetode er holdbar i inntil 5 dager etter tining. På dag 7 har råstoffet avvikende sensorisk lukt. Tradisjonelt fryst råstoff har et signifikant høyere totalantall bakterier sammenlignet med lakefryst råstoff (signifikansnivå på 90%).
- Innfrysing av råstoff med lake gir salt- og klippfisk av tilnærmet samme fysiske og sensoriske kvalitet som tradisjonell innfrysing i vertikal fryser. Unntaket er gul misfarging av fiskekjøttet spesielt i nakke og sløyesenitt på både salt- og klippfisk.
- Klippfisk fra lakefryst råstoff egner seg godt for det Portugisiske markedet da litt gul farge ofte ses på som et kvalitetsstempel. Til Italia derimot, vil denne gul fargen kunne redusere prisen da dette markedet verdsetter lys og hvit klippfisk høyest.

---

#### 5. KONKLUSJON

---

Lakefrysing av fisk er en energieffektiv innfrysingsmetode som gir singelfryst fisk av god kvalitet. Sammenlignet mot tradisjonelt fryst fisk har lakefryst fisk lik eller bedre kvalitet knyttet til filetutbytte, spalting, tekstur og vannbinding. Derimot ser en at der fiskekjøttet har kommet i kontakt med innfrysingsmediet (laken) blir det under fryselagring en gul farge. Dette påvirker ikke filet-kvalitet da fargen trimmes naturlig bort under filetering. For fisk som skal prosesseres videre til saltfisk og klippfisk vil gul fargen være begrensende for videre bruk til utvalgte markeder.

---

## 6. REFERANSER

---

1. NS9444, *Fisk og fiskeprodukter - Norsk sjøfryst filet av hvitfisk - Krav til kvalitet*. 2018, Norsk Standard: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=978504>.
2. NS9408, *Fisk og fiskeprodukter - Norsk Fersk Torsk - Krav til kvalitet*. 2009, Norsk Standard: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=360701>.
3. NS9406, *Fisk og fiskeprodukter - Skrei - Krav til produkt*. 2016, Norsk Standard: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=871200>.
4. Roiha, I.S., et al., *A comparative study of quality and safety of Atlantic cod (Gadus morhua) fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted fish*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018. **98**(1): p. 400-409.
5. Sjømatrådet. *Nøkkeltall for omsetting av torskefisk*. 2021.
6. Lorentzen, G., *Luftfrysing av sild. Undersøkelse av nødvendig frysetid*. 1958.
7. Finstad, T., *Varme visjoner og frosne fremskritt. Om fryseteknologi i Norge, ca. 1920-1965*. 2011.
8. Østvik, S., *Utvikling av teknologi og metode for lakefrysing av makrell*. 2018: Sluttrapport MMC Firskt Prosess. p. 24.
9. Larssen, W.E., et al., *PELAGISK LØFT - OKSIDASJON I FRYSELAGRET JAPANKUTTET MAKRELLFILET*. 2018, Møreforsking Ålesund: Møreforsking. p. 34.
10. Larssen, W.E., et al., *Pelagisk løft - oksidasjon i fryselagret filet produsert fra lakefryst makrell 2020*, Møreforsking: Møreforsking. p. 33.
11. Eggebønes, F. *Klippfisk vinner i norsk hvitfiskindustri*. 2018 [cited 2018].
12. Aubourg, S.P., et al., *Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (Psetta maxima)*. Food Chemistry, 2005. **90**(3): p. 445-452.
13. Haugland, A., *Industrial thawing of fish: to improve quality, yield and capacity*. 2002.
14. Washburn, K.E., et al., *Non-invasive assessment of packaged cod freeze-thaw history by hyperspectral imaging*. Journal of Food Engineering, 2017. **205**: p. 64-73.
15. NMKL:23, *Moisture and ash, gravimetric determination in meat and meat products. 3rd Ed.* 1991, NMKL.
16. NMKL:131, *Fat determination according to SBR (Schmid-Bondzynski-Ratslaff) in meat and meat products.*, in Oslo, Norway: Nordic Committee on Food Analysis, . 1989.
17. Dulavik, B., et al., *Oxidative stability of frozen light and dark muscle of saithe (Pollachius virens L.)*. 1998. **5**: p. 233-245.
18. Børresen, *Vannbindingsevne i fiskemuskel, nyutviklet metode for bestemmelse av vannbindingsevne og koketap i fiskemuskel*. 1980, FTFI: Tromsø.
19. NMKL, *Kimtal og spesifikke fordærvelsesbakterier i fisk og fiskevarer. NMKL Metode nr. 184*. 2006, Nordisk metodikkomité for næringsmidler.
20. Girolami, A., et al., *Measurement of meat color using a computer vision system*. Meat science, 2013. **93**(1): p. 111-118.



21. Yam, K.L. and S.E. Papadakis, *A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces*. Journal of Food Engineering, 2004. **61**(1): p. 137-142.
22. Tobiassen, T., et al., *Levende levert hyse som er kontrollert slaktet gir store fortrinn under prosessering og kjølelagring*. Nofima rapportserie, 2019.
23. Westavik, H., et al., *Pilotprosjekt; Filét i Norge, en videreføring- Evaluering av en "state of the art" hvitfisk filetlinje*. SINTEF. p. 30.
24. Bjørkevoll, I., et al., *Kvalitetsanalyse av sild. Vakuumpakking av rund sild og sildefilet tilastt lake før fryselagring*. 2002, Fiskeriforskning: Fiskeriforskning. p. 25.
25. Kjerstad, M., W.E. Larssen, and B.T. Nystrand, *Produkt- og markedsutvikling for restråstoff av NVG-sild til konsum*. 2014, Møreforskning: Møreforskning. p. 62.
26. Sveinsdóttir, K., et al., *Sensory characteristics of different cod products related to consumer preferences and attitudes*. Food Quality and Preference, 2009. **20**(2): p. 120-132.
27. Larssen, W.E. and M. Kjerstad, *Testing of CAS-effect (Cell Alive System) on pre-and post-rigor salmon fillets*. 2010, Møreforskning Marin. p. 30 p.
28. Castell, C., J. Maclean, and B. Moore, *Rancidity in Lean Fish Muscle.: IV. Effect of Sodium Chloride and Other Salts*. Journal of the Fisheries Board of Canada, 1965. **22**(4): p. 929-944.
29. Kvangarsnes, K., et al., *Stabilizing the enzymatic hydrolysis with antioxidants – effect on protein hydrolysates and their storage stability. A comparative study of heads from salmonids*. 2021: p. in press.
30. Karsti, O. and H. Blokhus, *Dobbelfrysing av sei. Effekten av lakefrysing og tining i saltlake*. 1967.

## VEDLEGG 1

Vurdering av HG _____ (sett inn art)												
	Skala	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Nakkekutt</b>												
Normal skjæring	2											
Avvikende skjæring	1											
<b>Skader på skinn</b>												
Uten skader	3											
Små flekker med skadet/avrevet skinn	2											
Tydelige områder med avrevet skinn	1											
<b>Blod nakke</b>												
Ingen blodflekker	3											
Noen få, små flekker (<5)	2											
Store blodflekker eller mange små (>5)	1											
<b>Blod buk</b>												
Ingen blodflekker	3											
Noen få, små flekker (<5)	2											
Store blodflekker eller mange små (>5)	1											
<b>Blod sløyesnitt</b>												
Ingen blodflekker	3											
Noen få, små flekker (<5)	2											
Store blodflekker eller mange små (>5)	1											
<b>Muskelfasthet</b>												
Fast	4											
Begynnende degradering	3											
Tydelig degradering	2											
Bløt	1											
<b>Rigor</b>												
Pre rigor	1											
i rigor	2											
Post rigor	3											

## VEDLEGG 2

Råstoffvurdering av hvitfiskfilet	Dato											ART
	<i>prøve</i>	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
	<i>skala</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Form</b>												
Normal skjæring	2											
Avvikende skjæring	1											
<b>Skader på skinn</b>												
Uten skader	3											
Små flekker med skadet/avrevet skinn	2											
Tydelig områder med avrevet skinn	1											
<b>Farge/blodflekker muskeloverflate filet</b>												
Ingen blodflekker	3											
Noen få, små flekker(<5)	2											
Store blodflekker eller mange små(>5)	1											
<b>Overflate muskel</b>												
Glatt	3											
Kornet	2											
Oppløst(mushy)	1											
<b>Svarthinne</b>												
Hel	4											
50%-90% inntakt	3											
Mellom 25 - 50 % inntakt	2											
Mindre enn 25% inntakt	1											
<b>Spalting</b>												
Ingen spalting	5											
Få spalter <5	4											
Noe spalting ( 5-10 stk på tvers)	3											
Mange spalter >10 små eller mange store	2											
Ekstrem filetpalting (fileten faller fra hverandre)	1											
<b>Elastisitet</b>												
Retter seg ut igjen raskt	5											
Retter seg ut	4											
Retter seg ut langsomt	3											
Prøver å rette seg ut	2											
Blir liggende sammenbrettet	1											
<b>Trykktest</b>												
Fast filet, merket etter fingeren forsvinner raskt	5											
Ubetydelig redusert fasthet	4											
Redusert fasthet, fingeren setter et varig merke	3											
Betydelig redusert fasthet	2											
Bløt filet, fingeren trenger gjennom hele fileten	1											

### VEDLEGG 3

Råstoffvurdering av flekket torsk	Dato											ART
	<i>prøve</i>	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
	<i>skala</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Form</b>												
Normal Flekking	2											
Feilflekking	1											
<b>Skader på skinn</b>												
Uten skader	3											
Små flekker med skadet/avrevet skinn	2											
Tydelig områder med avrevet skinn	1											
<b>Farge/blodflekker muskeloverflate</b>												
Ingen blodflekker	3											
Noen få, små flekker(<5)	2											
Store blodflekker eller mange små(>5)	1											
<b>Farge muskel i nakke/sløyenesnitt</b>												
Hvit	3											
Litt gul	2											
Gul	1											
<b>Skader på finner og spord</b>												
Hele	4											
50%-90% inntakt	3											
Mellom 25 - 50 % inntakt	2											
Mindre enn 25% inntakt	1											
<b>Spalting</b>												
Ingen spalting	5											
Få spalter <5	4											
Noe spalting ( 5-10 stk på tvers)	3											
Mange spalter >10 små eller mange store	2											
Ekstrem filetspalting (fileten faller fra hverandre)	1											
<b>Trykktest</b>												
Fast filet, merket etter fingeren forsvinner raskt	5											
Ubetydelig redusert fasthet	4											
Redusert fasthet, fingeren setter et varig merke	3											
Betydelig redusert fasthet	2											
Bløt filet, fingeren trenger gjennom hele fileten	1											



## MØREFORSKING

MØREFORSKING AS  
Postboks 5075  
6021 Ålesund  
TEL +47 70 11 16 00  
[www.moreforsk.no](http://www.moreforsk.no)  
NO 991 436 502

---

---