

Lakefrysing av sjømat

Svein Kristian Stormo, Gustav Martinsen, Tatiana Ageeva og Torbjørn Tobiassen





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

Nofima har om lag 390 ansatte.

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

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Stavanger:

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

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunnalsøra:

Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 77 62 90 00

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA



Creative commons gjelder når ikke annet er oppgitt

Rapport

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Tittel:</i> Lakefrysing av sjømat | ISBN 978-82-8296-695-5 (pdf) ISSN 1890-579X |
| <i>Title:</i> Brine freezing of seafood | <i>Rapportnr.:</i> 32/2021 |
| <i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Svein Kristian Stormo, Gustav Martinsen, Tatiana Ageeva og Torbjørn Tobiassen | <i>Tilgjengelighet:</i> Åpen |
| <i>Avdeling:</i> Sjømatindustri | <i>Dato:</i> 29. september 2021 |
| <i>Oppdragsgiver:</i> RFF Arktis | <i>Ant. sider og vedlegg:</i> 17 |
| <i>Stikkord:</i> Lakefrysing, hyse, fryselagring, saltinnhold | <i>Oppdragsgivers ref.:</i> 322743 |
| <i>Sammendrag/anbefalinger:</i> | <i>Prosjektnr.:</i> 13352 |
| <p>I dette prosjektet er lakefrysing testet som mulig metode for å fryse inn hyse. Hyse som råstoff er vanskelig å prosessere på grunn av svinn under produksjon og spalting av muskulatur. Frysing forsterker ofte disse utfordringene. Selv om metoden der underkjølt saltlake brukes til å fryse sjømat ikke er ny så brukes det i dag stort sett bare på krabber. Innfrysing i væske går vesentlig raskere enn i luft, og innfrysingshastigheten kan i noen tilfeller være avgjørende for kvaliteten på produkter som har vært frosne. Selv om det i de senere år har vært et økt fokus på å optimalisere innfrysing ved å øke fryseraten så vil mengden av salt som lakefrysing innebære (mettet saltlake; 23 % NaCl) gjøre at metoden på papiret virker risikabel. I dette prosjektet har vi testet ut innfrysing av både rund hyse (med hodet) og filetprodukter, og dette råstoffet ble også frosset inn ved hjelp av konvensjonell tunnelinnfrysing. Resultatene viser at lakefrysing er effektiv til å ta produktene ned til ca -15 °C og at det går 2–3 ganger raskere enn via (en effektiv) tunnelfryser. Denne temperaturen tilsier at mesteparten av vannet er krystallisert, men for langsiktig fryselagring må temperaturen senkes ytterligere. Saltet som legger seg utenpå produktet vaskes bort hvis produktet tines i vann, og dette gjelder både for rund fisk og filetprodukter. Det er derimot grunn til å tro at en barriere som for eksempel skinn vil være en ekstra beskyttelse mot det høye saltnivået i fryselagringsperioden, og at negative effekter som denaturering og oksidering kan være mer fremtredende for skinnløse fileter. Dette ble ikke undersøkt i dette prosjektet. Sammenlignet med tunnelfrysing så påvirkes vekt tapet av prøver som er lakefrosset i ulik grad av fryselagringstemperaturen. Ved konvensjonell temperatur (-22 °C) taper lakefrosset råstoff mer enn tunnelfrosset råstoff, mens ved lavere temperatur (-35 °C) så er tapet signifikant lavest for lakefrosset råstoff. Selv om lav fryselagringstemperatur er viktig for å bevare kvaliteten over tid for alt frosset råstoff, så er det altså helt avgjørende for lakefrosset råstoff. Resultatene i dette prosjektet tilsier at for rund hyse så gir kombinasjonen av lakefrysing med tilstrekkelig lav fryselagringstemperatur gir et veldig godt resultat.</p> | |
| <p><i>English summary/recommendation:</i></p> <p>Haddock is a very delicate raw-material and has typically more issues with gaping and loss through production. It is sensitive to freezing and is, in comparison to for instance cod, a less successful candidate for long time frozen storage. In this project we show that fast freezing rate (through brine freezing) in combination with adequate frozen storage temperature produces better quality compared to blast frozen fish stored at same temperature. Excessive salt can be removed during the (water) thawing process and no salt seem to migrate through the skin during frozen storage. Filet products is however more exposed to the salt and the removal through water thawing is a prerequisite.</p> | |

Innhold

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Bakgrunn | 1 |
| 1.1 | Introduksjon | 1 |
| 1.2 | Mål..... | 1 |
| 1.2.1 | Mål og delmål..... | 1 |
| 2 | Materialer og metoder | 2 |
| 2.1 | Innfrysing..... | 2 |
| 2.1.1 | Tunnelfrysing..... | 2 |
| 2.1.2 | Lakefrysing..... | 2 |
| 2.2 | Råstoff | 3 |
| 2.3 | Metoder..... | 3 |
| 2.3.1 | Fryserate..... | 3 |
| 2.3.2 | Tørrstoff og aske..... | 3 |
| 2.3.3 | Tap av vekt ved fryselaagring, tining og kjølelaagring | 4 |
| 2.3.4 | Filetindeks..... | 4 |
| 2.3.5 | Tekstur | 4 |
| 3 | Resultater og diskusjon | 5 |
| 3.1 | Rund hyse | 5 |
| 3.1.1 | Fryserate: lakefrysing versus tunnelfrysing..... | 5 |
| 3.1.2 | Frysehastighet: effekten av lakehastighet | 5 |
| 3.1.3 | Tørrstoff og askeanalyser (inntrenging av salt) | 6 |
| 3.1.4 | Fryselagring (rund fisk)..... | 7 |
| 3.1.5 | Tekstur etter fryselaagring | 11 |
| 3.2 | Hyse filet..... | 12 |
| 3.2.1 | Innfrysing..... | 12 |
| 3.2.2 | Tørrstoff og askeanalyser (inntrenging av salt)..... | 13 |
| 3.2.3 | Fryselagring av filet..... | 14 |
| 4 | Konklusjon | 17 |

1 Bakgrunn

1.1 Introduksjon

Frysing er den viktigste metoden for å forlenge holdbarheten for de aller fleste matvarer. Dette gjelder også for sjømat, men kategorien frossen sjømat har gjennom historien vært ansett som et lavkvalitetsprodukt. Dårlig råstoff og lang fryselagring ved høy temperatur er sammen med innfrysingsprosessen de mest vanlige årsakene til at frossen sjømat taper kvalitet ved å fryses. De senere års satsing på refreshed-produkter viser at frossen fisk ikke nødvendigvis trenger å selges fra frysedisk, og at så lenge kvalitetene er høy nok så oppfatter forbrukerne dette på linje med ferske produkter. Dette stiller imidlertid høye krav til råstoffkvalitet og de påfølgende prosessene. Det er spesielt innfrysingen som kan være avgjørende, og det er denne prosessen som er i fokus i dette prosjektet.

Lakefrysing er en effektiv måte å fryse inn på, noe som er fordelaktig både med hensyn til kvalitet og produksjonskapasitet. Gevinsten med denne metoden er hurtighet, men også lavere energiforbruk og mindre mekanisk belastning på råstoffet sammenlignet med blokkfrysing som er den vanligste metode brukt i dag. For hvitfiskindustrien er hyse spesielt interessant å teste ut med lakeinnfrysing fordi den har en bløt tekstur, og industrien opplever større innslag av spalting og svinn under prosessering av hyse sammenlignet med torsk. Underkjølt lake består av mettete saltlake (NaCl) som kan kjøles ned til $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, og på 1800-tallet ble is og saltvann blandet og brukt til å lage underkjølt lake. Denne metoden ble patentert for mer enn 100 år siden, men natur-is fungerte dårlig for fisk og har derfor blitt ansett som lite egnet i produksjon av menneskemat. Etter dette har lakefrysing historisk sett vært lite brukt i norsk sjømatindustri, men de senere års kuldetekniske utvikling har aktualisert å teste dette ut på nytt.

1.2 Mål

1.2.1 Mål og delmål

Hovedmålet i prosjektet er å etablere kravspesifikasjoner for en prototype lakefryser som er tilpasset industriens krav til kapasitet og kvalitet for innfrysing av hyse.

For å oppnå hovedmålet er det satt opp følgende **delmål**:

M1. Dokumentere frysehastighet ved bruk av lakefrysing for hel hyse og filetprodukter.

M2. Dokumentere kvaliteten med hensyn på utbytte og produktkvalitet.

M3. Bygge testutstyr for lakeinnfrysing (som brukes i prosjektet) og lage design på en prototype for videre testing i industrien (etter prosjektet).

2 Materialer og metoder

2.1 Innfrysing

2.1.1 Tunnelfrysing

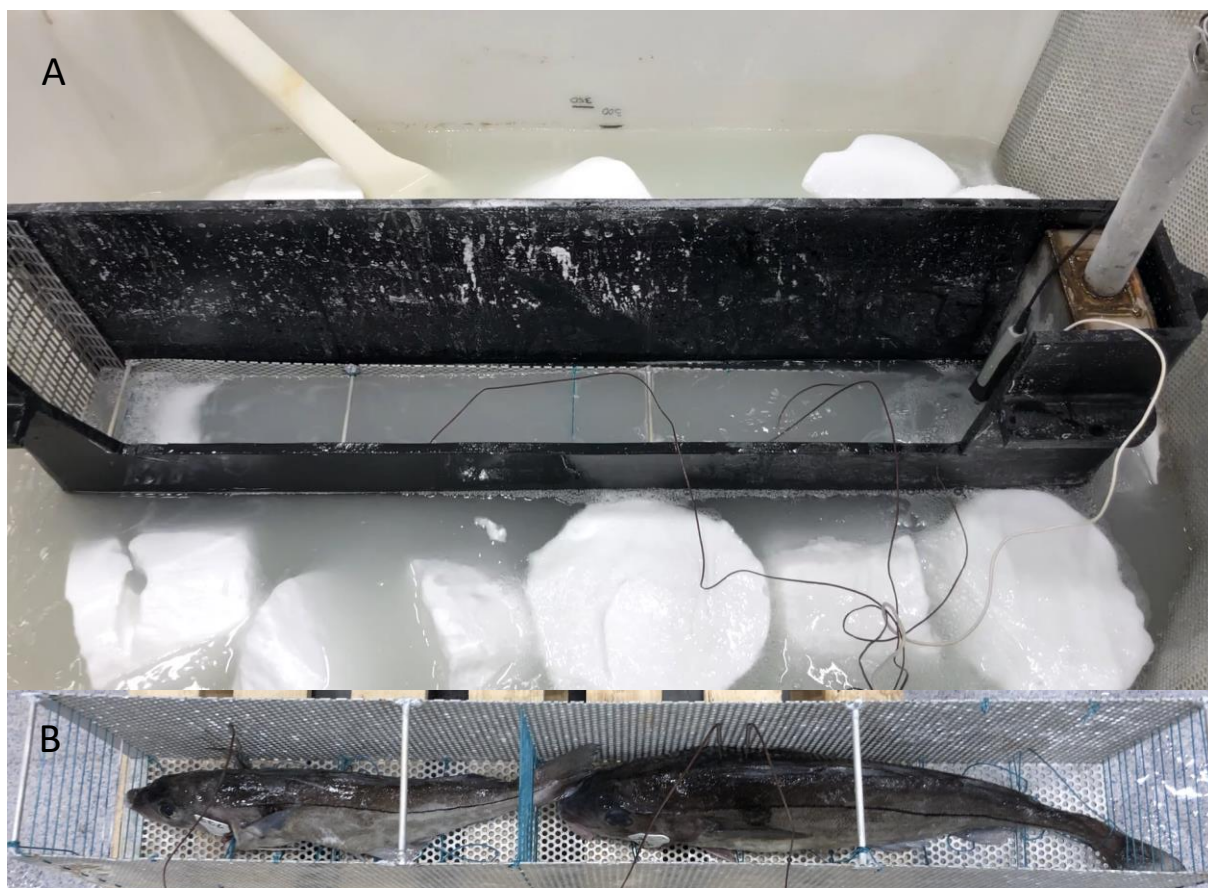
Prøvene ble lagt på brett og satt på $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ fryserom med kraftig vifte som sørget for 3–4 m/s vindhastighet (Figur 1). Innfrysingshastigheten ble dokumentert med temperaturlogger.



Figur 1 Illustrerer oppsett for tunnelfrysing.

2.1.2 Lakefrysing

Prøvene ble frosset inn i en lakefryser produsert på Nofima (Figur 2) hvor temperaturen på laken ble holdt i området -18 til $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Innfrysingshastigheten ble dokumentert med temperaturlogger.



Figur 2 Viser lakefryseren som ble brukt i prosjektet der hovedkammerset (A) består av ytre kar (hvit) med behandlingskar (svart) plassert midt i det ytre karet. Den kalde laken pumpes gjennom behandlingskaret (fra høyre til venstre) og kjøles ned igjen av lake-is i det ytre karet. Prøvene ble plassert i en beholder (B) og plassert i behandlingskaret (vist i A).

2.2 Råstoff

Villfanget hyse (sløyd, med hodet på) ble lagret på is i minst 2 dager før innfrysing. I forsøkene med filet ble det brukt bein og skinnfrie ryggstykker (loin).

2.3 Metoder

2.3.1 Fryserate

Temperaturfølere ble plassert midt i produktene (rund fisk og filet) for å dokumentere innfrysingshastighet. Alt av prøver ble oppbevart åpent (upakket) i en 24 ukers fryselagringsperiode.

2.3.2 Tørrstoff og aske

Tørrstoff og askeinnhold ble bestemt etter oppvarming av cirka 10 g filet i varmeskap ved 105 °C i 24 timer. Aske ble bestemt ved å forbrenne de tørkede i prøvene askeovn ved 550 °C over natten.

2.3.3 Tap av vekt ved frysing, tining og kjølelagring

Alt av råstoff (rund og filet) var individmerket og vektendringen ble målt etter frysing, glasering, ved frysing (upakket), etter tining og etter kort kjølelagring.

2.3.4 Filetindeks

To trente dommere bedømte spalting, farge, overflate og konsistens etter standard skjema for filetindeks.

2.3.5 Tekstur

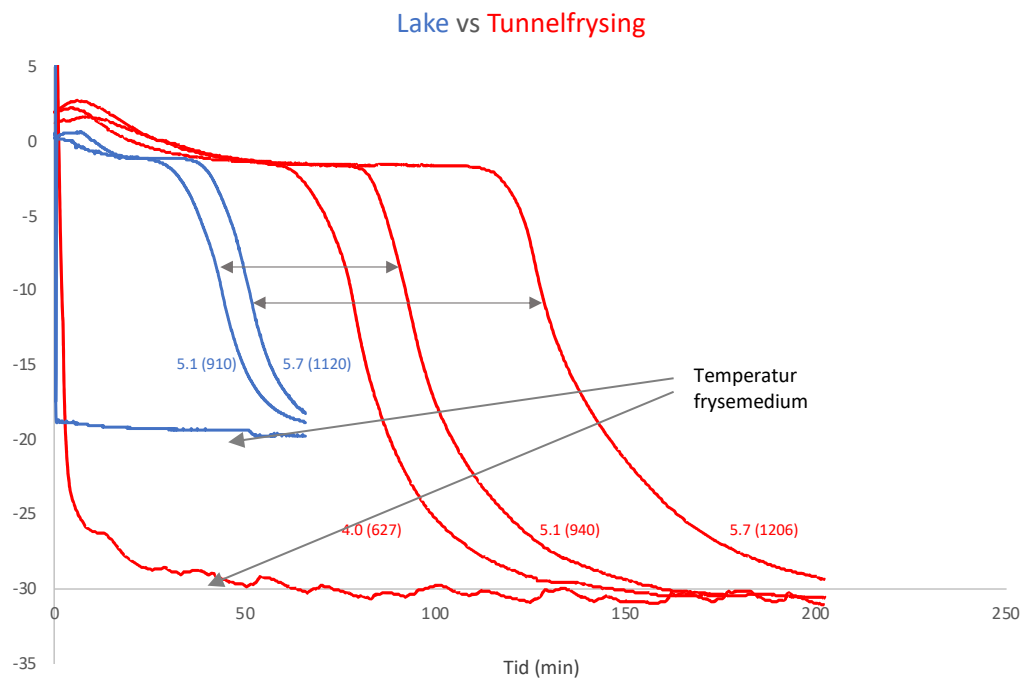
Tekstur ble analysert ved bruk av teksturpresse (Texture Analyser TA-HD plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England). Prøvene (ca. 8 x 5cm) ble skåret fra loins-område på fileten. To parallelle målinger ble gjennomført på hver prøve. Kraften (Newton, N) som skulle til for å trykke sylindren 40 % ned i loinstykke (muskelhardhet) ble avlest ut ifra kraft-tid kurven.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Rund hyse

3.1.1 Fryserate: lakefrysing versus tunnelfrysing

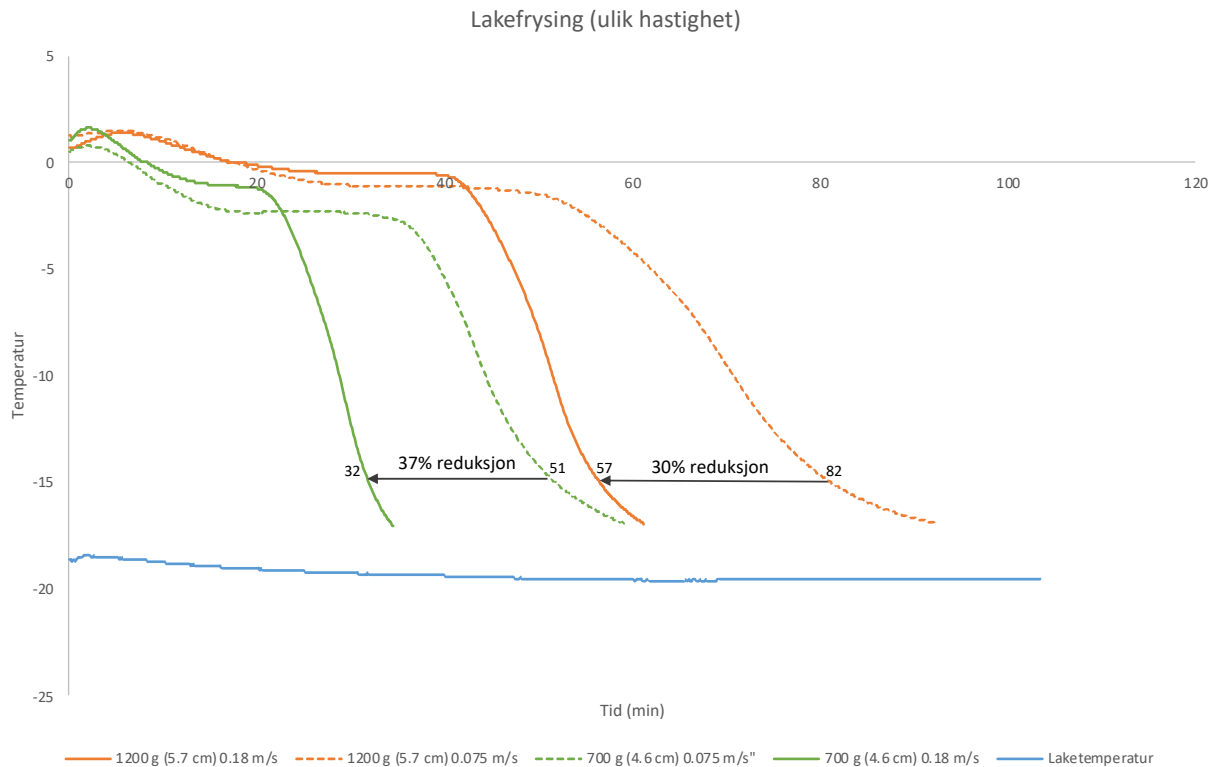
I en direkte sammenligning mellom tunnelfrysing og lakefrysing viser resultatene at lakefrysing er 2–3 ganger raskere enn tunnelfrysing ved betingelsene som ble brukt i dette prosjektet (Figur 3). Selv om det går tydelig frem av resultatene så er det verdt å bemerke at frysehastigheten går betraktelig ned når temperaturen nærmer seg temperaturen på frysemediet. Ved lakefrysing vil det dermed være praktisk å avslutte innfrysingen ved cirka -15 °C.



Figur 3 Lakefrossen (blå) rund fisk sammenlignet med tunnelfrossen (rød) rund fisk. Størrelsen på fisken (diameter, cm) og vekt (gram, i parentes) er markert i figuren.

3.1.2 Frysehastighet: effekten av lakehastighet

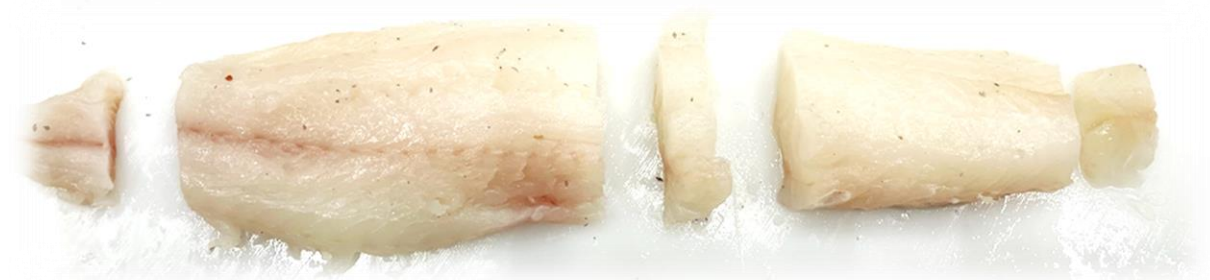
Ved å øke mengde lake i systemet så ble hastigheten redusert fra 0,18 m/s til 0,075 m/s. Fisk av to ulike størrelser ble frosset ved høy hastighet, dernest tint og frosset inn igjen med lavere hastighet. Resultatet viser at hastigheten på frysemediet relativt stor betydning for frysehastigheten.



Figur 4 Effekten av å redusere hastigheten på laken.

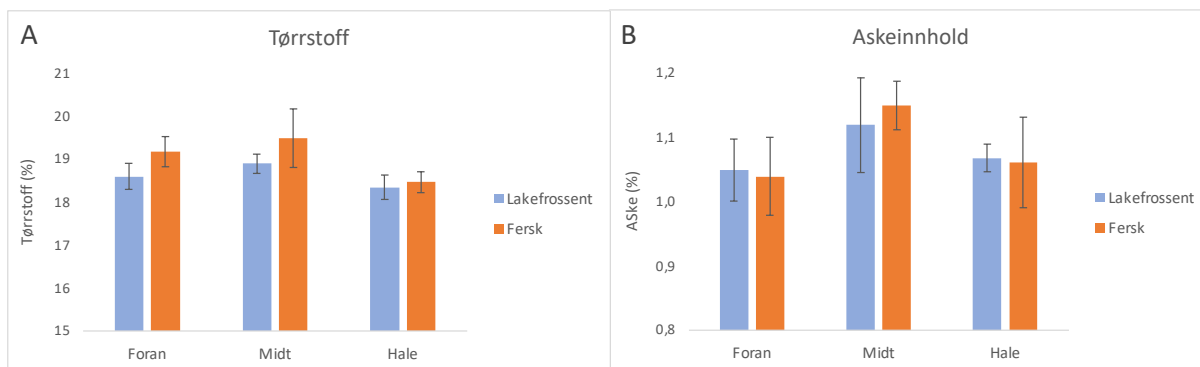
3.1.3 Tørrstoff og askeanalyser (inntrenging av salt)

Etter innfrysing og tining ble fisken filetert, og av disse ble det gjort tørrstoff- og askeanalyser på tre ulike områder (Figur 5). Mengde aske kan ofte være en god indikasjon på saltmengde, og i dette tilfellet er det mulig å anta at en økning av askenivået er proporsjonal med økning av saltnivå. For filetprøver så er totalasken normalt sett rundt 1,0–1,2 %, og saltmengden (NaCl) utgjør cirka 10–20 % av dette.

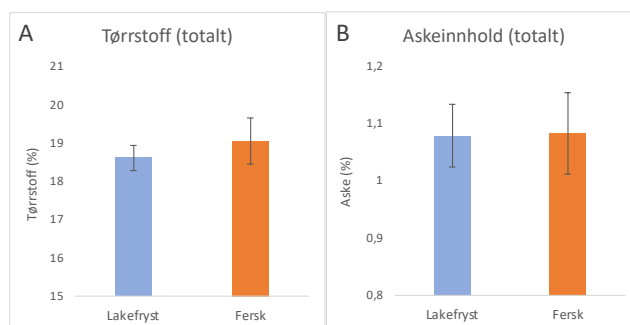


Figur 5 Tre områder på fileten ble analysert for tørrstoff og aske, foran, midt og spord, kuttet som vist i bildet.

Rund fisk, i dette tilfellet hyse, ser ikke ut til å ta opp salt etter en syklus av lakefrysing etterfulgt av tining i (fersk) vann. Det virker å være noe variasjon av både aske og tørrstoff for ulike deler av fileten, og både mengde tørrstoff (Figur 6A) og aske (Figur 6B) følger den samme trenden med høyeste nivå av både tørrstoff og aske midt i fileten. Gjennomsnittet av hele fileten viste veldig lite forskjell mellom fersk og lakefryst råstoff (Figur 7). Litt lavere tørrstoff for det lakefryste råstoffet kan komme av litt svelling (inntak av vann) under tining.



Figur 6 Mengde tørrestoff (A) og aske (B) i 3 ulike deler av hysefileten etter lakeinnfrysing sammenlignet med fersk fisk.



Figur 7 Gjennomsnittlig mengde tørrestoff (A) og aske (B) i hysefileten etter lakeinnfrysing sammenlignet med fersk fisk.

3.1.4 Fryselagring (rund fisk)

Rund fisk ble lakefrost og tunnelfrost hvorav halvparten av fisken ble glasert med vann. Dette ble gjort ved å dyppe fisken 3 ganger i nedkjølt ferskvann. Fisken ble lagret i åpne kasser og satt til fryselagring ved $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ og ved $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Åpne kasser er ikke realistiske betingelser for et slikt råstoff, men på grunn av den korte tiden tilgjengelig i dette prosjektet så var dette et stresstestkonsept for å få noen avklaringer i løpet av en kort lagringsperiode. Hovedhensikten var å følge vektendringene gjennom innfrysing, glasering, fryselagring og tining (3.1.4.1) samt kvalitetsvurderinger etter endt periode (se 3.1.4.2).

Saltet som blir liggende utenpå skinnen etter lakefrysing påvirket utseendet av fisken, spesielt den som var lagret ved $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figur 8). Dette kommer mest sannsynlig av at saltet holder mye av vannet på skinnen flytende og fisken får et «ufrossent» utseende. Denne forskjellen kom ikke til syne for fisk som var lagret ved $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ siden den lave temperaturen holder alt vannet frosset.

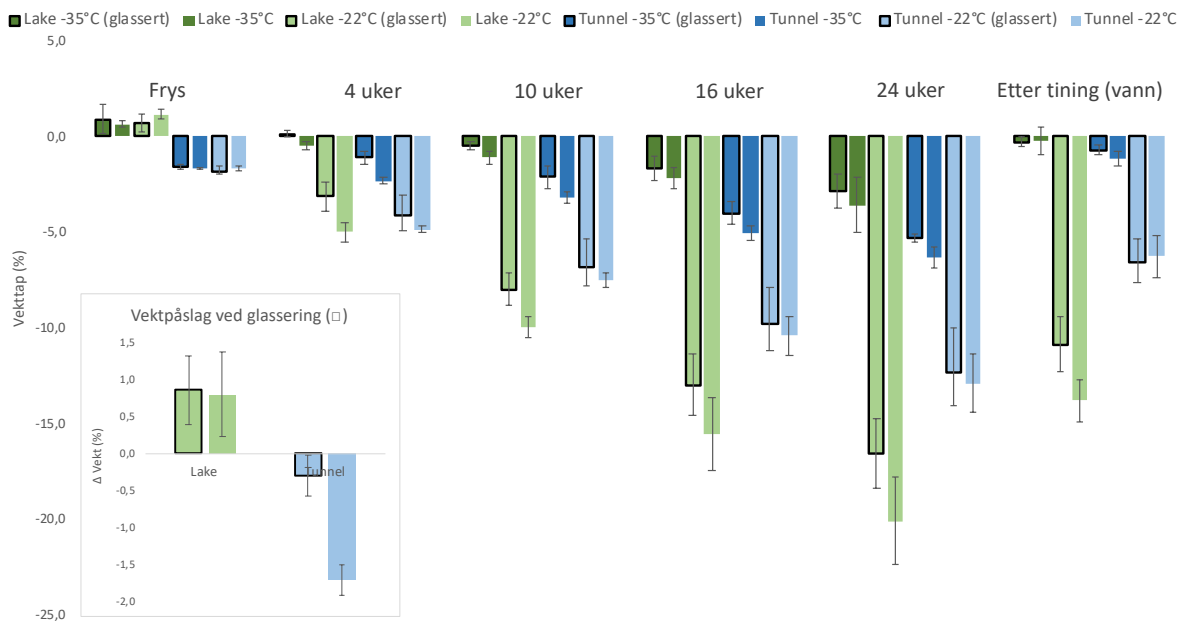


Figur 8 Rund hyse lagret ved -22 °C. Bildet er tatt etter en måned lagring.

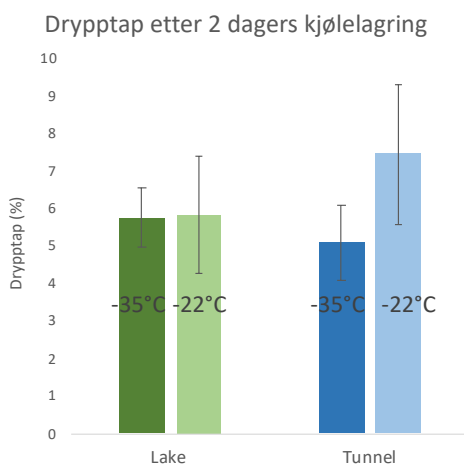
3.1.4.1 Vektendringer (rund fisk)

Selve fryseprosessen påvirker vekten, og forskjellen i dette forsøket er 2–3 % mer tapt vekt ved tunnelfrysing i forhold til lakefrysing (Figur 9). Mesteparten av dette tapet kan tilskrives vann på og i skinnen som sublimeres relativt raskt ved turbulente forhold (tunnel). Ved lakefrysingen øker vekten litt, rimeligvis ved at den opprinnelige væsken på skinnen (fersk etter å ha ligget på is) blir erstattet med en tyngre væske (mettet saltløsning). Det er lite trolig at vesentlige mengder salt trenger inn i fisken under selve innfrysingen, noe som støttes av tidligere nevnte askeanalyser (Figur 7). Den påfølgende glaseringen vil legge et islag rundt tunnelfrosset fisk, mens glaseringen av lakefrosset fisk i praksis vil fortynne saltnivået på laken (på fisken). Derfor øker vekten mer for den tunnelfrosne fisken. Gjennom fryselagring er det lagringstemperaturen som er mest avgjørende for vektutviklingen, og dette gjelder for begge innfrysingsmetodene. Saltnivå og glasering spiller også en rolle (Figur 9), og det er verdt å bemerke at lakefrysing medfører mest vekttap ved -22 °C og minst ved -35 °C. Gjennom tineprosessen tar fisken til seg noe væske, men siden vektøkningen er noenlunde unison så bevares de innbyrdes vektforskjellene også etter tineprosessen.

Fisken ble dernest filetert og filetene lagt i poser i kjøleskap. Væsketapet (drypptap) var jevnt (5-6 %) for alle gruppene foruten tunnelfrosset fisk lagret ved -22 °C som hadde noe høyere drypptap (Figur 10). Denne gruppen hadde mistet mer vann gjennom fryselagring (og tining) enn tunnelfrosset fisk lagret ved -35 °C, men likevel er drypptapet ved kjølelagring høyere. Dette er nok en indikasjon på at fryselagringstemperaturen er avgjørende, og i dette tilfellet indirekte siden en forhøyet lagringstemperatur svekker muskelstrukturen og dens evne til å holde på vann.



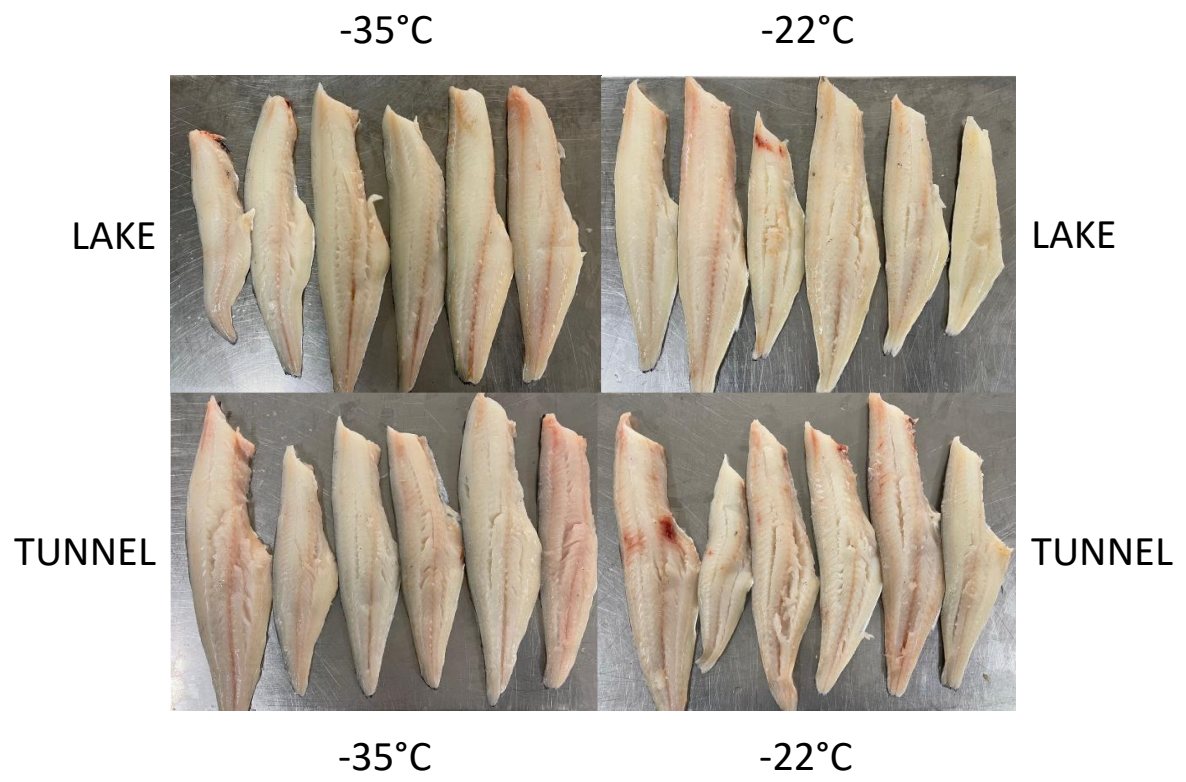
Figur 9 Vektendringer gjennom frysing, 24 uker frysing etterfulgt av tining. Vektendring ved glassering innfelt i figuren.



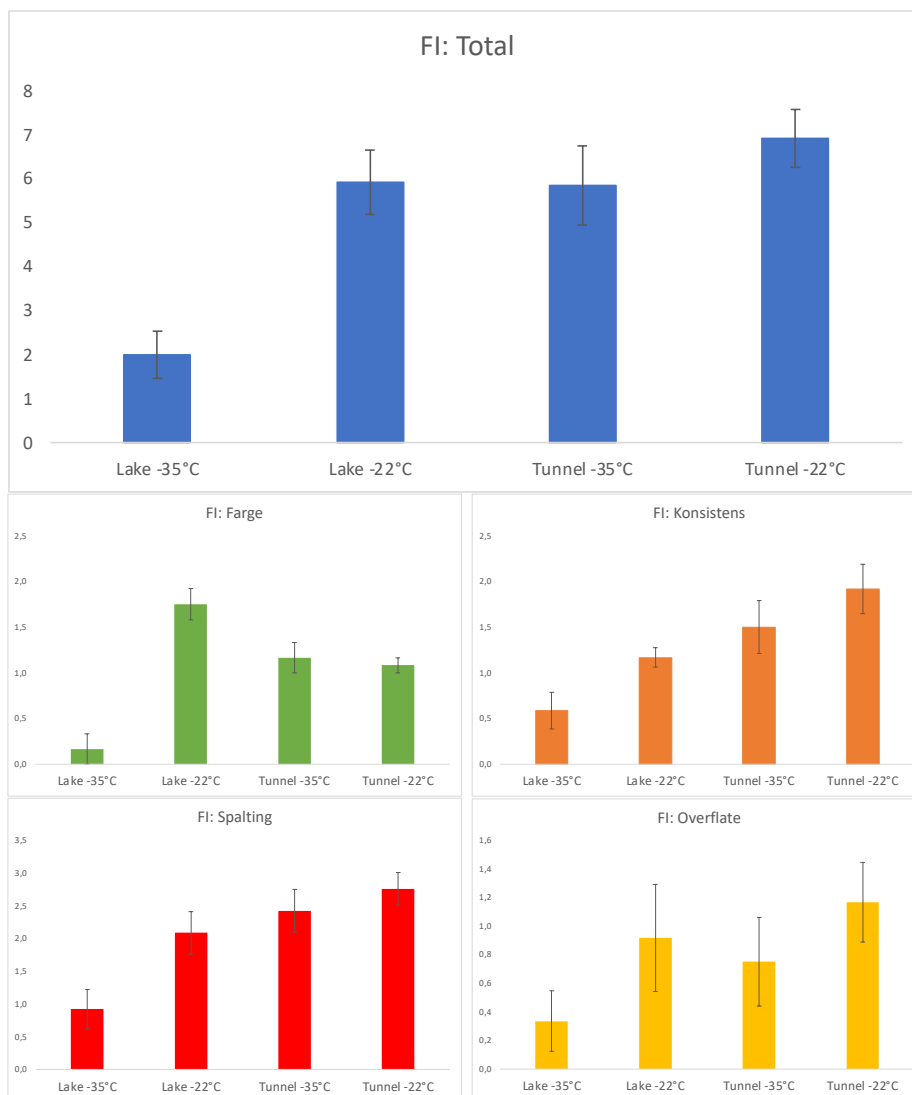
Figur 10 Drypptap etter filetering og 2 dagers kjølelagring.

3.1.4.2 Kvalitet etter frysing

Ved filetering ble glasserte og uglasserte fileter slått sammen slik at fileter fra 4 ulike grupper ble sammenlignet (Figur 11). En sensorisk vurdering (filetindeks (blindtest), 2 dommere) viste lakefrosset råstoff som var blitt frysagret ved -35 °C fikk en vesentlig bedre score enn alle andre grupper (Figur 12). Denne gruppen fikk best score for alle attributtene. Lakefrosset råstoff som var frysagret ved -22 °C fikk dårligste score for farge, noe som gav en totalscore som er sammenlignbar med tunnelfrosset råstoff. Farge og spalting kommer til en viss grad fram av bildene i Figur 11. Det er verdt å bemerke at blodutredninger og blod i muskelen (rosa farge) ikke ble ansett som relevant i analysen.



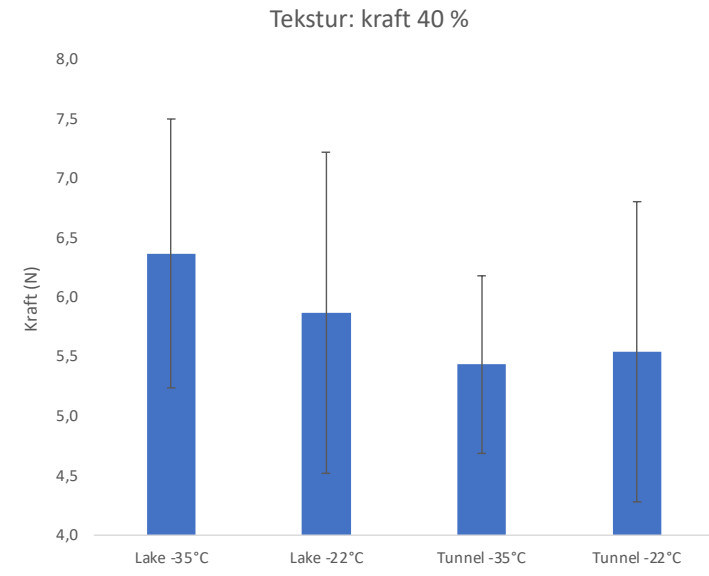
Figur 11 *Filetert hyse etter fryselagring*



Figur 12 Score for fileindeks gjort på hyse etter fryselagring. Totalscore er summen av scoren for alle attributter.

3.1.5 Tekstur etter fryselagring

Konsistens som beskrevet i fileindeksen er en attributt som er sammenlignbar med maskinelle teksturmålinger. Teksturmålinger gir en karakter for hvor mye motstand det er i muskelen, og når kraften for å trykke sammen muskelen reduseres så er det en indikasjon på at strukturen svekkes. På grunn av fiskemuskelens oppbygning er det stor variasjon i fasthet langs en muskel. Når dette sammenføres med store individvariasjoner så gir dette totalt målinger med svært store variasjoner og tilsvarende mangel på statistisk signifikans. Dette gjelder også teksturmålingene i dette forsøket, men trenden fra teksturmålingene (Figur 13) var helt i overensstemmelse med konsistensmålingene fra fileindeksen (Figur 12). En intakt muskel vil typisk gi mye motstand (høy N) og fast konsistens (lav fileindeks score), slik at sammenhengen framstår som omvendt proporsjonal.

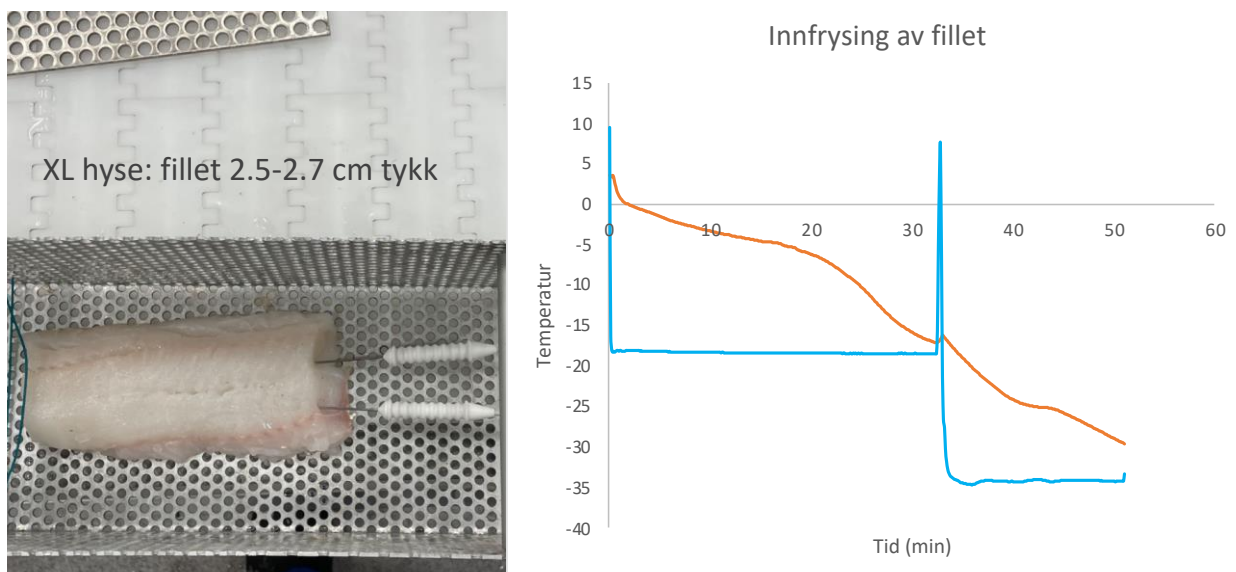


Figur 13 Teksturmålinger av fileten etter fryselagring.

3.2 Hyse fileten

3.2.1 Innfrysing

Det ble gjort en test av innfrysing av fileten i lake og dernest overføre denne til en tunnelfryser for å få et innblikk i totaltiden for å fryse et slik produkt til under -30°C . Det ble valgt en veldig stor fileten til testen, og resultatene av denne testen er vist i Figur 14. Størrelsen på denne fileten er nok urealistisk (stor), men forsøket illustrerer en rask innfrysing av fileten der lakefrysing brukes i kombinasjon med tunnelfrysing for å få produktet gjennom frysestadiet og dernest senke temperaturen på produktet.

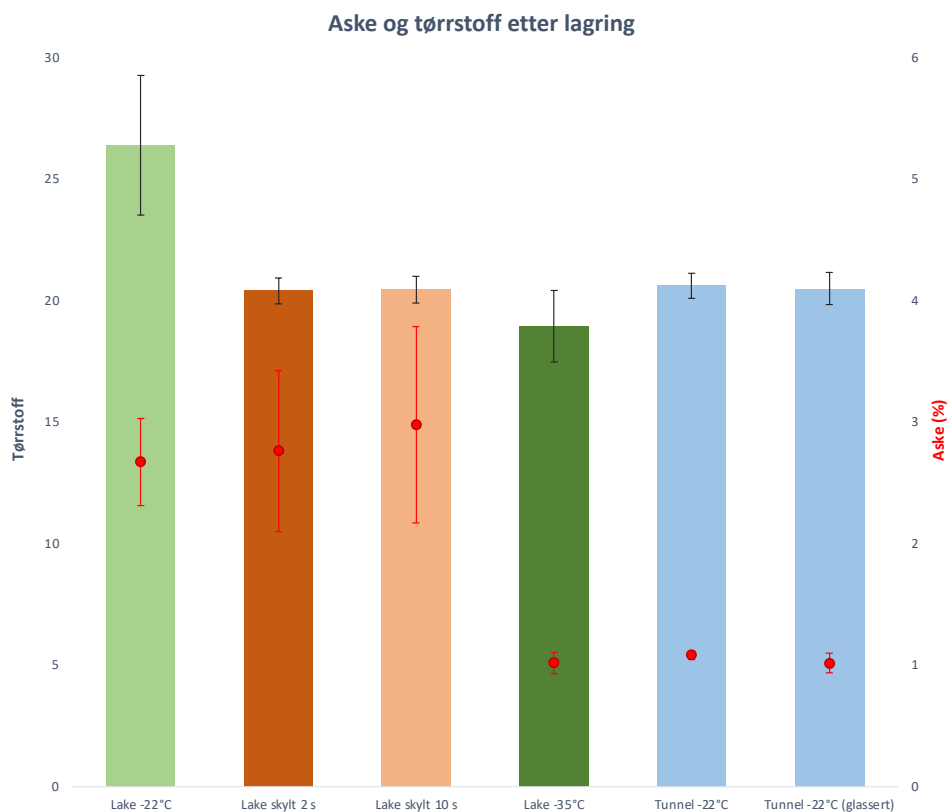


Figur 14 Fileten innfrysing i lake og dernest lagt i frysetunnel. Rød linje viser temperaturen i fileten og den blå linjen viser temperaturen i lakefryseren og dernest tunnelfryseren.

3.2.2 Tørrstoff og askeanalyser (inntrenging av salt)

Fileter har ikke en naturlig barriere for salteksposeringen, men siden den ytterste delen av fileten fryser raskt så vil det skape et frossent skall som har egenskapen til en barriere. Saltinnholdet på utsiden av fileten vil dog være svært høy. Ved å tine fisken i (ferskvann) fjernes stort sett alt overskuddet av salt, og denne «vasken» blir et nødvendig steg om man skal lakefryse fileter. Resultatene fra dette forsøket viser at saltet vaskes bort ved tining i vann om overflaten til prøvene er noenlunde intakt, noe som er tilfelle for lakefrost loin lagret ved -35 °C (Figur 15). Overflaten til prøvene lagret ved -22 °C tørket helt ut ved fryselaagring og overflaten virket ikke til å ta til seg mye vann ved tining (Figur 18). Dermed ble endel salt «fanget» i denne overflaten, noe som gir et høyt saltnivå selv etter tining i vann.

Forsøk med å skylle bort saltet like etter lakeinnfrysingen ser ut til å ha en begrenset effekt, og en 10 sekunders skylling virker ikke å ha noen særlig større effekt en 2 sekunders skylling. Disse produktene ble vakuumpakket, frosset inn, lagret og til slutt tint i forpakningen. Selv om dette råstoffet ikke taper vekt på grunn av av forpakningen, så framstod overflaten som litt bløt etter tining og kjølelagring samt at prøvene fikk et glassaktig utseende som er typisk for lettsaltet hvitfisk (Figur 16), noe som er lite forenelig med et «ferskt» produkt.



Figur 15 Tørrstoff og aske etter fryselaagring og tining i vann.

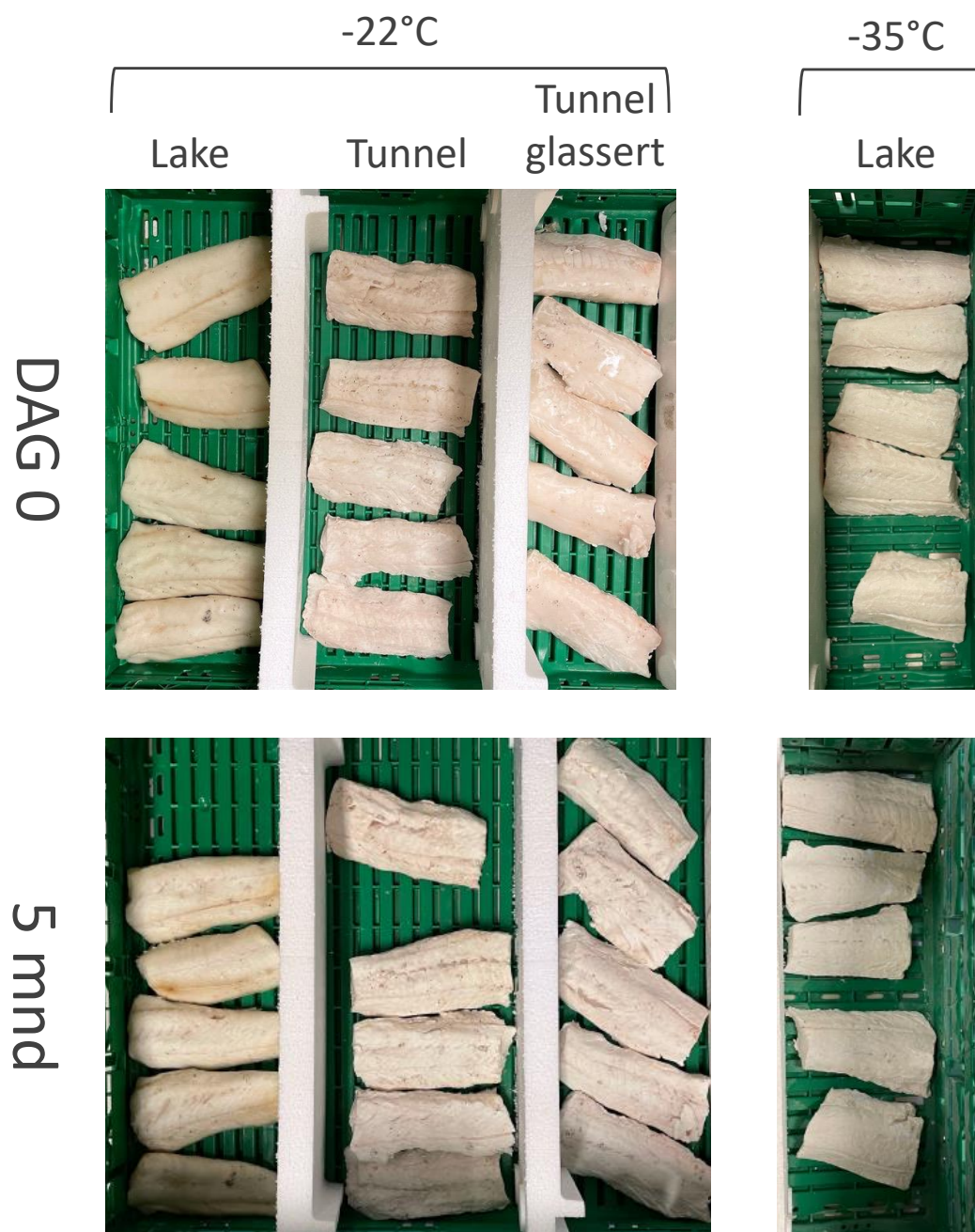


Figur 16 Fileter vakuumpakket etter lakefrysing og dernest tint i forpakningen.

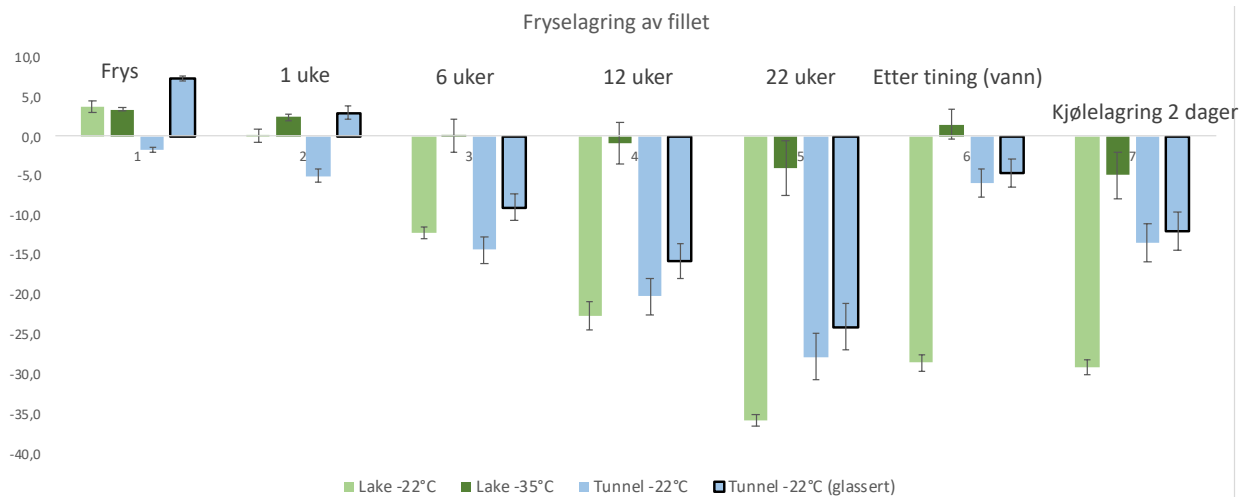
3.2.3 Fryselagring av filet

På samme måte som i forsøk med den runde fisken, så ble filetene lagret i åpne kasser for å påskynde vekttap i en relativ kort lagringsperiode. Dette medførte at filetene tørket ut i mer eller mindre grad, og denne effekten er synlig etter en periode med fryselagring (Figur 18). Vekttapet ved $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ var i overensstemmelse med vekttapet fra rund fisk, hvor den lakefrosne fisken tapte mest gjennom hele fryselagringsperioden. Effekten av glasering med vann er naturlig nok størst like etter glaseringen, og forskjellen mellom glasert og uglasert reduseres gjennom hele lagringsperioden. Lakefrosset filet fryselagret ved $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ mistet mye mindre vekt under lagring enn alle andre grupper.

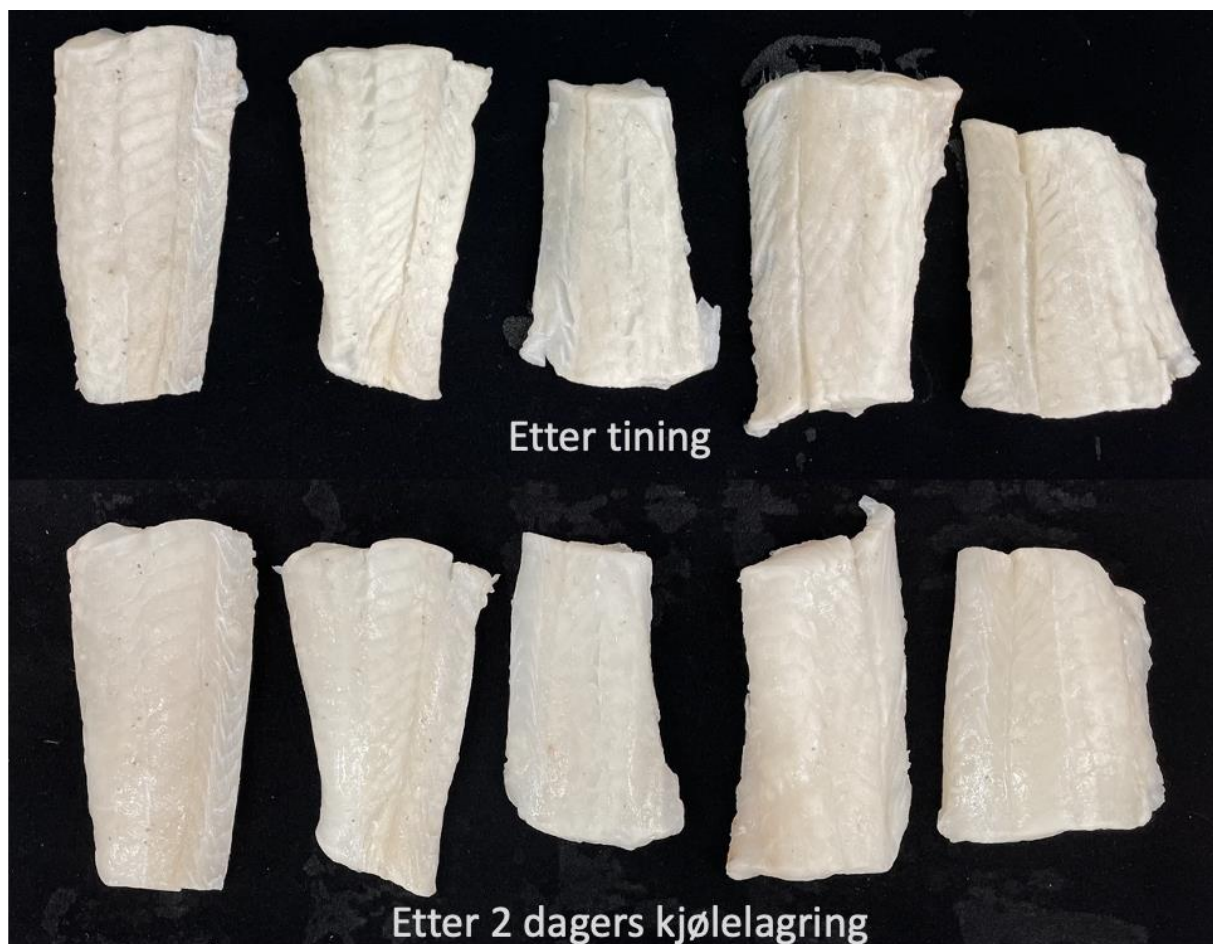
Felles for alle gruppene var uttørking av overflaten på prøvene. Dette gjaldt også for glaserte prøver der ekstra vann var tilført på overflaten, samt gruppen (lakefrost) som var lagret ved $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dette påvirker utseendet på filetene, og prøvene blir bare delvis rekonstituert gjennom (den relativt korte) tineprosessen. Men, hvis filetene er pakket i fuktige omgivelser, for eksempel vakuumpakket, så gjenopprettes overflaten over tid (Figur 19). Dette gjaldt derimot i liten grad for lakefrosset råstoff lagret ved $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, noe som indikerer at uttørkingen kan ha irreversible konsekvenser. Det er uansett viktig å presisere at lagringsbetingelsene i dette forsøket ikke ble valgt for å etterligne realistiske betingelser. Filetprodukter vil i realiteten være mye mer beskyttet enn det som er tilfellet her. Det er verdt å bemerke at uttørking kan være et viktig moment å ta hensyn til også for pakkede prøver. Hvis det er tomrom i forpakningen så vil vann kunne migrere ut av produktet og ut i dette tomrommet. Her vil fukt krystalliseres slik at forpakningen fylles med iskrystaller samtidig som produktet utørres. Vakuumpakning eller tilsvarende vil derimot forhindre dette.



Figur 17 Fileter like etter innfrysing (dag 0) og etter 5 mnd fryselagring.



Figur 18 Vektendringer for frosne fileter gjennom frysing, 22 uker fryselagring etterfulgt av tining og kort kjølelagring (2 dager).



Figur 19 Tinte lakefrosne fileter lagret ved -35 °C; like etter tining (øverst) og etter 2 dager pakket i vakuum (nederst).

4 Konklusjon

Lakefrysing har åpenbare fordeler for fiskeprodukter, men metoden er også forbundet med utfordringer. I store deler av matindustrien er det et søkelys på å begrense bruken av salt, og en metode som benytter mettet saltlake er ikke ideell i så måte. Men, siden lakefrysing er en metode som skaper en barriere når iskrystaller danner et skall rundt produktet, og dette skjer rimelig raskt, så trenger ikke saltet nødvendigvis inn i produktet. En god del salt følger derimot med produktet via overflaten, og den enkleste måten å fjerne saltet på er gjennom en tineprosess i vann der saltet vaskes bort i løpet av tiningen. Naturlige barrierer som skinn og fryse-skall beskytter produktet, og våre forsøk viser at det ikke er forhøyede mengder salt i rund fisk (hyse) etter tining i vann. For rund fisk gir kombinasjonen lakefrysing og svært kalde (-35 °C) lagringsbetingelser best resultat både med hensyn til vekttap og sensoriske egenskaper. Lakefrysing i kombinasjon med konvensjonell frysing (-22 °C) ser ut til å gi særlig mye vekttap under frysing, og dette bør tas hensyn til i forhold til emballering (ikke studert i dette prosjektet).

Fileter er mer eksponert for salt, men saltet vil på lignende måte fjernes i en tineprosess i vann. Fjerning av salt fra fileter kan bli en utfordring om overflaten tørker inn til en grad at muskelen ikke tar opp vann ved tining. Et slikt uttørket skall fanger en god del av det deponerte saltet, noe som gir et produkt med veldig høyt saltnivå. På den andre siden så gir denne uttørking et dårlig produkt uavhengig av saltnivå, og det er fullt mulig at dette er et urealistisk produkt under normale betingelser. Normale betingelser vil i denne sammenheng bety at produktet ikke ligger eksponert åpent i frysing-perioden. Våre forsøk viser at det er ikke lett å vaske bort salt når produktet er frossent ved å skylle det i ferskvann like etter lakeinnfrysingen. Metoder for å begrense salteksponeringen ble ikke gjort, og det er en mulig retning å se nærmere på om tining i vann ikke er et alternativ.

