

Tining av fryst laks

Effekt av fryselagringstid og tineregime

Bjørn Tore Rotabakk, Lars Helge Stien og Torstein Skåra





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 Johnsen gate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:
Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sundalsøra:
Sjølsengvegen 22
NO-6600 Sunndalsøra

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

Tittel: Tining av fryst laks, effekt av fryselagringstid og tineregime	ISBN 978-82-8296-696-2 (pdf) ISSN 1890-579X
Title: Thawing for frozen salmon, effect of frozen storage time and thawing regime	Rapportnr.: 33/2021
Forfatter(e)/Prosjektleder: Bjørn Tore Rotabakk, Lars Helge Stien (HI) og Torstein Skåra	Tilgjengelighet: Åpen
Avdeling: Prosessteknologi	Dato: 6. oktober 2021
Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)	Ant. sider og vedlegg: 10
Stikkord: Oppdrettslaks, frysing, tining, kvalitet	Oppdragsgivers ref.: FHF 901635
Prosjektnr.: 13101	
<p>Sammendrag/anbefalinger:</p> <p>Pre-rigorfileterte, vakumpakkede laksefileter ble fryst inn ved hjelp av tørris umiddelbart etter slakting. Disse ble lagret i 1 og 4 måneder ved -30 °C. De fryste, vakumpakkende filetene ble tint enten raskt (i vann 4 °C, 4 t) eller sakte (i luft 4 °C, 12 t). Etter tining og 7 dager senere ble det målt <i>rigor</i>-kontraksjon og drypptap. Dessuten ble det målt farge og tekstur 7 dager etter tining. De fryset prøvene ble sammenlignet med vakuumpakket fersk filet lagret ved 0,1 °C i 7 dager (kontroll). Av de målte parametrene var det kun drypptap som ble påvirket av tineregime. Sakte tining (i luft) gav litt (men signifikant) høyere drypptap, enn rask tining. Lengre fryselagringstid (4 mnd) medførte redusert <i>rigor</i>-kontraksjon, lavere rødfarge, samt høyere bruddstyrke. Det ble også påvist høyere drypptap etter 7 dagers fersk lagring på fileter som var lagret 4 måneder på frys. Til sammenligning, så var den ferske fileten fastere enn den fryste, den var rødere i fargen enn 4 måneder fryselagret laks, samt gulere i fileten enn de som ble tint sakte. Ingen andre signifikante forskjeller ble påvist. Resultatene viser at raskt innfrosne laksefileter, som er lagret ved -30 °C i opp til 4 måneder, innehar veldig like kvalitetsegenskaper som fersk laksefilet, og et slikt innfrysings og lagringsregime kan gi en filet-kvalitet som kan være et godt alternativ til fersk filet.</p>	
<p>English summary/recommendation:</p> <p>Atlantic salmon fillets were frozen with dry ice in this test and stored for one or four months, before thawing in water (4 °C, 4 h) or air (4 °C, 12 h) before drip loss, <i>rigor</i>-contraction, texture and color was assessed. Fresh fillets stored at 0.1 °C for seven days were used as a control.</p> <p>Frozen salmon fillets have many of the same qualities as fresh fillets. Only firmness, redness and yellowness differed between frozen and fresh fillets. In addition, the thawing regime affected drip loss, and frozen storage time affected <i>rigor</i>-contraction, color, texture and drip loss.</p>	

Forord

Denne rapporten er en del av FHF-prosjektet «901635 Nye metoder for bedre holdbarhet og miljøvennlig transport av lakseprodukter». Forsøket er gjennomført i et internt prosjekt i Nofima, men passer godt til problemstillingene som søkes belyst i dette prosjektet, og blir av den grunn rapportert inn i dette prosjektet.

Innhold

1	Innledning	1
2	Material og metode	2
2.1	Forsøksdesign	2
2.2	Råstoff og innfrysing.....	2
2.3	Tining	2
2.4	<i>Rigor</i> -kontraksjon	2
2.5	Overflate farge.....	2
2.6	Drypptap.....	3
2.7	Tekstur.....	3
2.8	Statistikk	3
3	Resultater og diskusjon	4
3.1	Innfrysingtid.....	4
3.2	<i>Rigor</i> -kontraksjon	4
3.3	Overflatefarge	5
3.4	Drypptap.....	5
3.5	Tekstur.....	6
4	Konklusjon	8
5	Referanser	9

1 Innledning

Produksjonen av norsk laks har økt betraktelig de siste årene, og var i 2019 oppe i over 1,1 millioner tonn laks (Norwegian Seafood Council, 2020). Majoriteten av dette eksporteres fersk med is, og andelen som transporteres med fly øker. I 2019 ble over 200 000 tonn laks eksportert med fly fra Norge, der Asia er det markedet med høyest volum, og over 75 % av denne fisken eksporteres hel sløyd (head-on-gutted, HOG) (SSB/Sjømatrådet). Undersøkelser gjort tidligere i dette prosjektet viser at flytransport dobler CO₂-utslippet i hele laksens livssyklus når den transporteres med fly (Rotabakk *et al.*, 2020). En gjennomgang av konserveringsmetoder for sjømat og muligheter for å forlenge holdbarheten til laks, pekes det på superkjøling for eksport til Europa og frysing for eksport til fjernere markeder som de to mest lovende metodene for å senke klimautslippene under transport (Rotabakk & Lerfall, 2021).

Frysing av fisk har en lang historie, og produkter av frossen fisk er tilgjengelig i stort omfang. Dessverre assosieres frossen fisk ofte med dårligere kvalitet, men nyere studier viser at kombinasjonen høy råstoffkvalitet, rask innfrysing, lagring ved -30 °C og adekvat tining gir kvalitet som overgår den ferske (Altintzoglou & Heide, 2014, 2016; Altintzoglou *et al.*, 2014). Dette skyldes nok at mens kvalitetsforringelsen i fersk fisk pågår gjennom hele lagringstiden og dermed under distribusjon, så stoppes nedbrytingen av frysingen, og distribusjon kan skje uten kvalitetsforringelse.

Drypptap under tining er en av de kvalitetsparametrene som kan påvirke det tinte råstoffet. Krystallstørrelsen av isen under innfrysing er med å påvirke tinetapet, da treg innfrysing gir store krystaller, som igjen ødelegger cellene i fisken (Fennema *et al.*, 1973). Dette er vist å gi høyere drypptap i frossen og tint laks (Zhu *et al.*, 2004). Forsøk med superkjøling av pre-rigor og post-rigor laks viser at superkjøling av pre-rigor laks gir mindre iskrystaller (Kaale & Eikevik, 2013). Rask innfrysing av pre-rigor ser da ut til å være en god vei til å få god kvalitet. Fisk som fryses inn pre-rigor kan derimot gjennomgå en rask rigor-sammentrekning under tining, kjent som tine-rigor (McDonald & Jones, 1976). All fisk går gjennom en rigor-utvikling, der akto-myosin komplekset blir irreversibelt bunnet, og fileten krymper. Rigorutviklingen under tining har sammenheng med ATP-nivået i fisken, og det er vist at ATP degraderes under frysing ned til -40 °C i fisk (Li *et al.*, 2019). Det er dermed å forvente at tine-rigor avtar med økende frysingstid.

Hensikten med dette forsøket var å studere effekten av frysing og tinehastighet på rigor-kontraksjon, overflatefarge, tekstur og drypptap, sammenlignet med fersk laks. Innfrysings-, lagrings- og tinebetingelser er valgt ut fra betraktninger om hvilke parametre som er viktige for å gi tinte produkter som kan være sammenlignbare med ikke frysede. Dermed er f.eks frysingstiden ganske begrenset, og ikke egnet til å kunne si så mye om effekt av frysingstid på generelt grunnlag. Forsøksdesignet skiller seg også fra mange vanlige oppsett, siden det er basert på at fileter (H/V) fra samme fisk gis ulike tinebehandlinger. Dette medfører at man kan påvise signifikante forskjeller, selv om forskjellene er forholdsvis små.

2 Material og metode

2.1 Forsøksdesign

Designet er et fullfaktorielt design der effekten av ulik lagringstid (1 og 4 mnd) og tinehastighet (sakte (luft ved 4 °C, høyre filet) og rask (vann ved 4 °C, venstre filet) ble undersøkt på vakumpakket laksefilet, der tintetap og rigorkontraksjon ble målt etter at posene ble åpnet. Etter måling, ble filetene lagt tilbake i posene, som ble manuelt brettet, og lagret i 7 dager ved 0,1 °C. Etter denne lagringen, ble rigorkontraksjon, tekstur, farge og drypptap målt. Dette gav fire grupper: (A) 1 måned lagring, raskt tint, (B) 1 måned lagring, sent tint, (C) 4 måneder lagring, raskt tint, og (D) 4 måneder lagring, sent tint. I tillegg ble det laget en kontroll, som ikke var frosset, men lagret vakuumert fersk i 7 dager. Det ble brukt ti fileter i hver gruppe.

2.2 Råstoff og innfrysing

Totalt 25 oppdrettet Atlantisk laks ble hentet fra slaktelinja på et kommersielt slakteri på Sør-Vestlandet i Norge. Fisken hadde en gjennomsnittlig sløyd vekt på $4,16 \pm 0,70$ kg. Fisken ble manuelt filetert *pre-rigor*, vakuumert til 99 %, i OPA/PE poser (130 µm, Neemann, Leer, Tyskland), frosset inn i kontakt med tørris (-78 °C), og lagret ved -30 °C. Temperaturen under innfrysing ble logget i sentrum av fileten (176T4, Testo, Lenzkirch, Tyskland). Kontrollgruppen (ikke fyst filet) ble vakumpakket og lagret 7 dager på kjølerom (0,1 °C).

2.3 Tining

Tilfeldig valgte fileter ble tatt ut etter 1 eller 4 måneders lagring, og lagt til tining enten i luft ved 4 °C eller vann ved 4 °C. Temperaturen ble logget under tining. Fileter i luft brukte 12 timer på å nå 1,5 °C i kjernen, mens fileter i vann brukte 4 timer.

2.4 Rigor-kontraksjon

Rigor-kontraksjonen ble målt ved bildeanalyse. Et bilde ble tatt etter filetering, men før vakuumering. I tillegg ble det tatt ett bilde etter tining, og ett bilde etter 7 dagers lagring. Kontrollen ble tatt bilde av etter 7 dagers lagring på kjølerom (0,1 °C). *Rigor*-kontraksjonen ble beregnet som differanse mellom filetlengde rett etter filetering, og henholdsvis etter tining og lagring.

2.5 Overflate farge

Filetfarge (CIE Lab) ble målt 7 dager post mortem (kontroll) og 7 dager etter tining (fryste prøver) ved bruk av digital foto analyse (DigiEye full system, VeriVide Ltd., Leicester, UK). Filetene ble plassert i standardisert diffust dagslys (6400 K), og fotografert med et kalibrert kamera (Nikon D80, 35 mm linse, Nikon Corp., Japan). Bildene ble analysert med DigiPix software (VeriVide Ltd.) og fargen for loinen (over senterlinjen, fra nakken til NQC) ble kvantifisert i Lab-skalaen. L^* beskriver lysheten ($L^* = 100 =$ hvit, $L^* = 0 =$ svart), a^* beskriver fargeintensiteten i rød-grønn skala ($a^* > 0 =$ rød, $a^* < 0 =$ grønn) og b^* beskriver fargeintensiteten i gul-blå skala ($b^* > 0 =$ gul, $a^* < 0 =$ blå).

2.6 Drypptap

Drypptapet fra filetene ble målt som forskjellen i filetvekt før innfrysing og vekt ved dag 0 (etter tining) og etter 7 dagers lagring som fersk (kontroll) eller tint (formel).

$$DT = \frac{m_0 - m_x}{m_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Der m_0 er initiell vekt, og m_x er vekten ved dag x .

2.7 Tekstur

Teksturen ble målt instrumentelt på en TA-XT2 Texture Analyzer (SMS Ltd. Surrey, England) utstyrt med en 25 kg målecelle. En flatendet sylinder (20 mm i diameter) ble brukt, og nødvendig kraft (N) for å presse denne sylindere ned med en hastighet på 2 mm/sekund til 60 % av filethøyden ble målt og brukt for å beskrive teksturparameteren «fasthet» (Lerfall *et al.*, 2012). Filethøyden ble dermed automatisk registrert. I tillegg ble kraften for å penetrere overflaten registrert, og representerer «bruddstyrke». Det ble tatt tre målinger per filet i nakkeregionen etter 7 dager fersk lagring (etter tining for de frysede prøvene), og gjennomsnitt av disse målingene ble brukt til statistisk analyse.

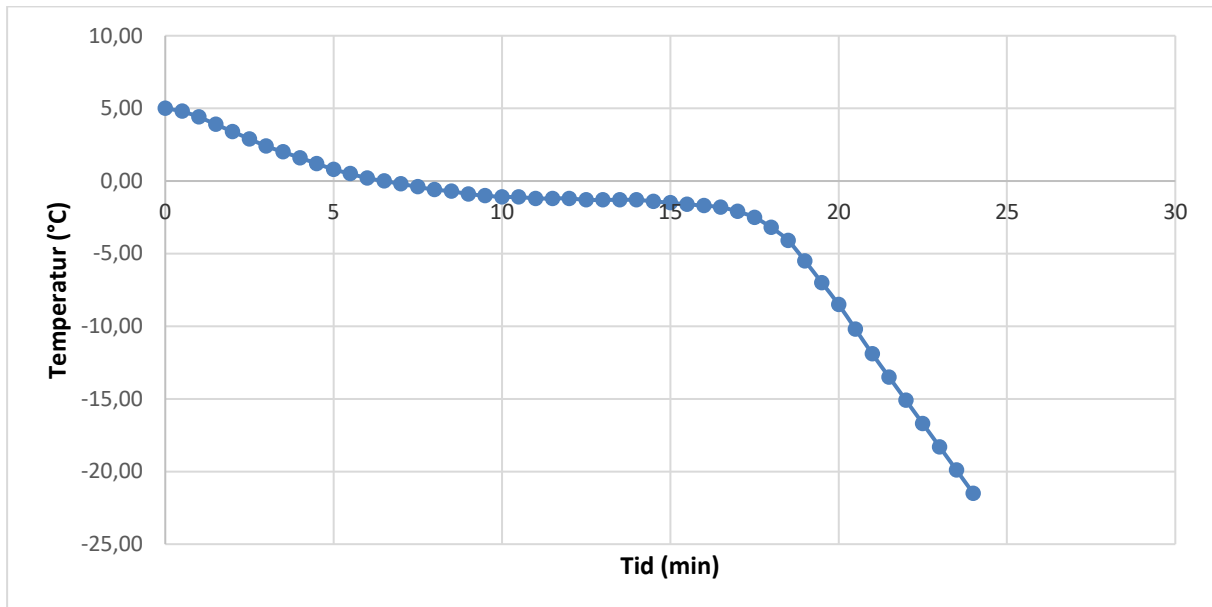
2.8 Statistikk

Statistiske forskjeller mellom gruppene ble bestemt ved hjelp av GLM (General linear model), Enveis-ANOVA og Dunnett multippel sammenligning mot kontroll med 95 % sikkerhet ved hjelp av Minitab (v 19, Minitab Ltd. Coventry. England). Data er presentert som gjennomsnitt \pm standard avvik, hvis ikke annet er beskrevet.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Innfrysing og tining.

Temperaturlogging av innfrysingen viste at filetene nådde en kjernetemperatur på lavere enn $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ innen 30 minutter. En representativ datalogging av forløpet er presentert i Figur 1.



Figur 1 Innfrysingskurve målt i det termiske sentrum av en laksefilet frosset inn i kontakt med tørris.

Under tining, ble fileter tint i luft målt til å bruke 12 timer på å nå $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ i kjernen, mens fileter i vann brukte 4 timer.

3.2 Rigor-kontraksjon

Det ble ikke påvist noen signifikant effekt av tinemetode på *rigor*-kontraksjonen ($p = 0,824$), mens økt lagringstid ved $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ gav signifikant ($p = 0,003$) mindre kontraksjon. Fileter tint etter 1 måned krympet $8,57 \pm 2,48\%$, mens fileter tint etter 4 måneder krympet $5,97 \pm 2,57\%$. Rigor-kontraksjon under tining av sjømat har sammenheng med restnivå av ATP i muskelen (Nakazawa & Okazaki, 2020). ATP-nivået er vist å synke, selv under frysing ned til $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Li *et al.*, 2019), og denne forskjellen skyldes nok at ATP-nivået i fileter lagret i 4 måneder var lavere enn de som var lagret i 1 måned, og dermed fikk de en svakere *tine-rigor*. I tillegg ble det observert en signifikant ($p < 0,001$) økning i sammentrekningen på $1,78 \pm 2,25\%$ etter 1 ukes lagring som tint, noe som kan tyde på at all ATP ikke ble omsatt under tining. Det ble ikke observert noen signifikant ($p = 0,965$) samspillseffekt med frysingstid på denne sammentrekningen, noe som betyr at alle gruppene hadde lik økning i kontraksjon gjennom lagring som tint. Til sammenligning hadde fileter lagret fersk i 7 dager en sammentrekning på $7,63 \pm 2,13\%$. Ingen av gruppene i designet hadde signifikant ($p < 0,05$) forskjellig sammentrekning fra kontrollen rett etter tining. Dette er i sterk kontrast til det Einen *et al.* (2002) fant. De fryste inn *pre-rigor* fileter i nitrogenfryser på 21 minutter og tinte sakte i luft ved $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 30 timer. De fant at fersk *pre-rigor* krympet

cirka 14 %, mens frossen og tint pre-*rigor* filet krympet 0–2 %. De tilskriver den lave *rigor*-kontraksjon til den langsomme tiningen.

3.3 Overflatefarge

En av de viktigste kvalitetsparametrene for laks er farge. Rødhet er en viktig fargekomponent, og den ble signifikant ($p = 0,042$) lavere etter frysing i 4 måneder ($34,58 \pm 2,16$), sammenlignet med 1 måned ($35,94 \pm 1,88$). I tillegg ble gulheten signifikant ($p = 0,015$) redusert fra $33,30 \pm 1,55$ ved tining i vann til $31,99 \pm 1,68$ ved tining i luft. Det ble ikke påvist andre signifikante ($p > 0,220$) hoved- eller interaksjonseffekter på L^* -, a^* - eller b^* -verdiene. Gjennomsnittlig L^* -verdi var $54,05 \pm 1,86$. Dette er til forskjell fra resultatene til Rørå & Einen (2003), som viste at frysing økte både lysheten og fargeintensiteten til laksefileter etter 6 dagers lagring. De benyttet en vesentlig en saktere innfrysing, der en kjernetemperatur på -30 °C ble nådd først etter 30 timer

Til sammenligning hadde den ferske kontrollen følgende fargeverdier: L^* : $52,58 \pm 2,18$, a^* : $37,36 \pm 1,40$ og b^* : $33,49 \pm 0,70$. Sammenlignet med de frysede og tinte filetene, var kontrollprøvene signifikant ($p = 0,007$) rødere enn fileter frysede i 4 måneder, og signifikant ($p = 0,034$) gulere enn fileter tint i luft. Ingen andre forskjeller ble funnet. Det er viktig å påpeke at den ferske kontrollen ble lagret 7 dager i vakuum før analyse, mens de tinte prøvene ble lagret i åpne, men sammenbrettede poser. Tilgang på luft kan føre til oksidering av overflaten, og dermed til å forklare lavere rødfarge i frysede fileter. Einen *et al.* (2002) fant at frossen og tint laks hadde cirka 1 lavere Roche Colour Fan-score enn fersk laks, og mente dette kunne skyldes oksidering av karotenoider. Gjennom lagring i 15 dager jevnet dette seg ut, og de fikk lik score. Rørå & Einen (2003) fant at astaxanthin-nivået ble signifikant redusert i laks som hadde vært sakte innfrosset i luft (-50 °C i 30 timer) og sakte tint (ca 30 t).

Dette viser at fargeforskjellene ikke er store mellom fersk filet og tint filet som har vært frossen, og det er uvisst om disse forskjellene er så fremtredende at de ville ha påvirket kunder i en kjøpsituasjon.

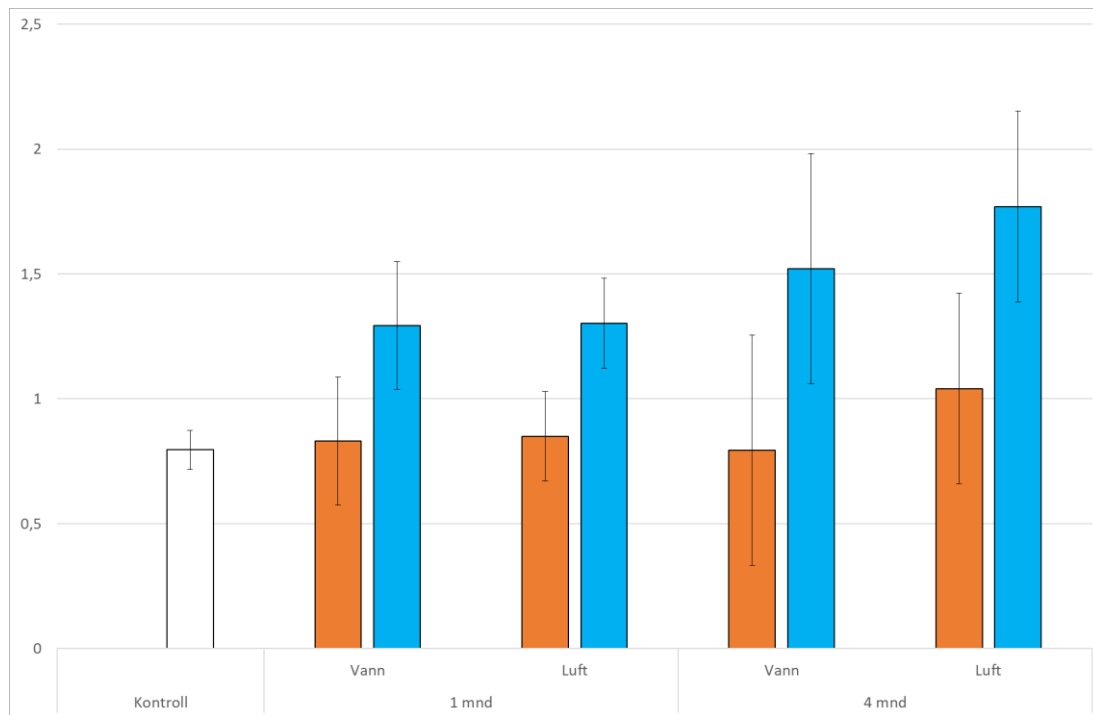
3.4 Drypptap

Tinemetode hadde signifikant ($p = 0,019$) effekt på tinetapet, der sakte tining i luft gav $0,94 \pm 0,24\%$ sammenlignet med $0,81 \pm 0,19\%$ etter rask tining i vann (Figur 2). Frysing hadde derimot ingen signifikant ($p = 0,087$) effekt på tinetapet. Det var videre en samspillseffekt mellom frysing og tinemetode, der frysing i 4 måneder etterfulgt av luft-tining gav signifikant høyere drypptap ($p < 0,05$) enn begge lagringstidene etter tining i vann. Dette betyr at drypptapet etter tining i luft påvirkes av frysingstid, mens tining i vann jevner ut denne forskjellen. Zhu *et al.* (2004) fant tilsvarende verdier, der laksefileter som var innfrosset i platefryser, og tint i 4 °C vann hadde et drypptap på $0,92 \pm 0,20$.

Under videre lagring som tint, så økte drypptapet signifikant ($p < 0,001$) for alle de fire gruppene. Både tining i luft og frysing i 4 måneder gav signifikant ($p < 0,016$) økt drypptap sammenlignet med henholdsvis tining i vann og frysing i 1 måned. Ingen samspillseffekt ($p = 0,452$) ble observert under lagring. Lignende resultater ble observert av Einen *et al.* (2002) som hadde et drypptap på cirka $0,75\%$ etter tining, og cirka 2% etter 6 dagers lagring.

Kontrollgruppen hadde et drypptap på $0,80 \pm 0,08$ % etter 7 dagers lagring på kjølerom. Dette er sammenlignbart med tintetapet til alle gruppene, og ingen signifikant ($p > 0,05$) forskjell ble funnet mellom kontrollen og de tinte gruppene.

Dette viser at fryselagring gir økt drypptap sammenlignet med fersk lagring, noe som med all sannsynlighet må tilskrives iskrystalldannelsen. Sammenligner man derimot nylig tint fisk med 7 dager gammel fersk fisk, så er det ingen forskjeller å finne, noe som viser potensialet frysing har ved å gi lengre tid til transport, men likevel gi produkt av sammenlignbar kvalitet.



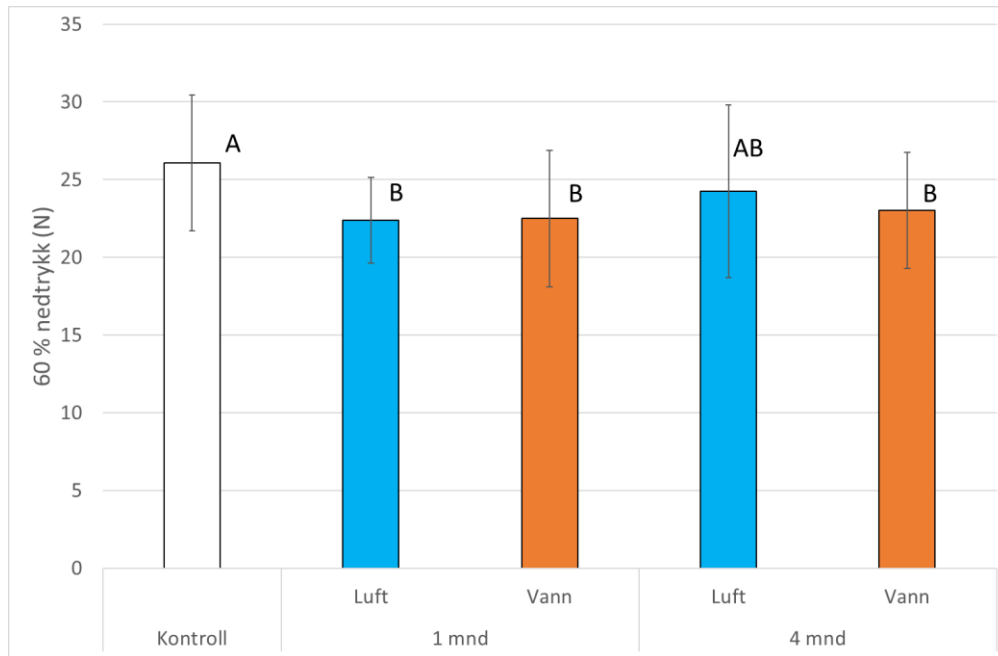
Figur 2 Drypptap i laksefileter lagret i henholdsvis 1 og 4 måneder ved -30 °C, tint henholdsvis raskt i vann (4 °C, 4 timer) eller sakte i luft (4 °C, 12 timer). Orange søyler er rett etter tining og representerer tintetap, mens blå søyler er etter 7 dagers kjølelagring ($0,1$ °C). Kontroll (hvit søyle) er drypptap i ferske fileter etter 7 dagers kjølelagring ($0,1$ °C). Søylene viser snitt \pm standardavvik.

3.5 Tekstur

Teksturanalyse viste at fileter lagret i 1 måned ($18,09 \pm 3,20$ N) hadde signifikant ($p = 0,004$) lavere bruddstyrke enn fileter lagret i 4 måneder ($25,29 \pm 13,51$). I tillegg var filethøyden signifikant høyere ($p < 0,001$) for fileter som var fryselagret i 1 måned sammenlignet med de som var lagret i 4 måneder. Fileter fryselagret i 1 måned var $26,55 \pm 3,19$ mm høye, mens fileter lagret i 4 måneder var $23,70 \pm 3,29$ mm. Dette kan med stor sannsynlighet settes i sammenheng med *rigor*-kontraksjonen som ble observert, der fileter som var fryselagret i 1 måned hadde sterkere kontraksjon enn fileter som var fryselagret 4 måneder. Denne kontraksjonen gir seg uttrykk i tykkere filet. Dette kan også bidra til å forklare den lavere bruddstyrken til fileter lagret i 1 måned. Lignende sammenheng mellom filethøyde og bruddstyrke er funnet av Veiseth-Kent *et al.* (2010). Det ble ikke avdekket noen andre signifikante hoved- eller samspillseffekter ($p = 0,215$) på bruddstyrke og filethøyde.

Til sammenligning så hadde de ferske kontrollprøvene en bruddstyrke på $19,63 \pm 3,29$ N, og en filethøyde på $24,76 \pm 2,60$ mm. Det var ikke signifikante forskjeller mellom kontrollen og den fryse-

lagrede fisken ($p > 0,05$) med tanke på bruddstyrke, mens den var signifikant lavere ($p < 0,05$) enn bruddstyrken i fileter som var fryselagret i 4 måneder. Einen *et al.* (2002) fant derimot lavere bruddstyrke på laksefileter som var frosset og tint, enn de ferske, mens *Zhu et al.* (2004) ikke fant forskjeller mellom fersk laksefilet og fileter som hadde vært fryst da de målte maks penetreringskraft.



Figur 3 Registrert kraft (N) registrert ved å trykke en 20 mm \emptyset flatdetet sylinder 60 % ned i laksefileter som er fryselagret i 1 måned eller 4 måneder, samt tint sakte i luft (4 °C, 12 timer) eller raskt i vann (4 °C, 4 timer) og lagret i 7 dager på kjølerom (0 °C), sammenlignet med fileter som er lagret fersk i 7 dager på kjølerom (0 °C). Grupper med ulik stor bokstav er signifikant ($p < 0,05$) forskjellig fra hverandre.

Ser man på fastheten til fileten, så ble det ikke påvist noen signifikante ($p > 0,071$) forskjeller mellom noen av designfaktorene eller interaksjoner mellom dem. Inkluderer man kontrollen (Figur 3), så ser man at kontrollen er signifikant ($p < 0,05$) fastere enn alle grupper, bortsett fra fisk fryselagret i 4 måneder og tint i luft. Dette betyr at fryselagring i 1 måned gir mykere fileter enn kontrollen, uavhengig av tinemetode, men at det ellers ikke er noen store forskjeller mellom gruppene. Det er viktig å legge merke til at den ferske kontrollen ble lagret 7 dager i vakuu før analyse, mens de tinte prøvene var i åpne men sammenbrettede poser. Lignende resultater ble funnet av *Sigurgisladottir et al.* (2000). De fant lavere skjærkraft på fileter fra frossen og tint hel laks, sammenlignet med fersk. De hadde en rask innfrysing (30–45 min), men en sakte tining (30 t). Totalt sett så påvirkes teksturen av fryse og tineregime, og gir en mykere tekstur.

4 Konklusjon

Resultatene i dette forsøket viser at ved hjelp av rask innfrysing av *pre-rigor* laksefilet og lagring ved -30 °C i opp til 4 måneder, så har man et råstoff som er tilnærmet lik fersk laksefilet. Fersk laksefilet hadde høyere fasthet enn den fryste. Den var dessuten rødere enn frossen filet lagret i 4 måneder samt gulere enn filet tint i luft. Ingen andre forskjeller ble påvist. På tross av at dette er statistiske signifikante forskjeller, så er de absolutte forskjellene ganske små. Det ble ikke gjennomført sensorisk analyse i dette forsøket, så det er vanskelig å si om forskjellene er store nok til at man legger merke til de. En like interessant debatt er om kunder ville ha lagt merke til forskjellene i en kjøpsituasjon.

Ser man på tinemetode (raskt ved hjelp av vann, eller tregere i luft), så har den ingen stor innvirkning på kvaliteten. Det eneste som ble påvist, var at sakte tining gav økt drypptap. Lagringstid på fryselager gav flere forskjeller, der lagring i 1 måned gav sterkere *rigor*-sammentrekning enn 4 måneder, rødfargen ble lavere ved økt lagringstid, samt at 1 måned lagring gav tykkere fileter og redusert bruddstyrke sammenlignet med lagring i 4 måneder. Det ble også vist at fileter lagret i 4 måneder hadde høyere drypptap etter 7 dagers lagring etter tining.

Totalt sett så viser resultatene i dette forsøket at det er noen forskjeller, både på bakgrunn av lagringstid og tineregime, men at disse forskjellene ikke er store, samt at de fryste filetene ikke er veldig forskjellig fra de ferske. Frysing av laks er dermed et godt alternativ til fersk laks, særlig når laksen skal eksporteres til markeder som i dag krever flyfrakt for å kunne tilby fersk laks av god kvalitet og med god restholdbarhet.

5 Referanser

- Altintzoglou, T. & M. Heide (2014). A Comparison of French and English Consumers' Expectations Regarding Labeled Cod Fillet Products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **23**:2, pp. 155–164. doi: 10.1080/10498850.2012.702855
- Altintzoglou, T. & M. Heide (2016). Fish Quality and Consumers: How Do Consumers' Knowledge About and Involvement in Fish Quality Define Factors That Influence Fish Buying Behavior? *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **25**:6, pp. 885–894. doi: 10.1080/10498850.2014.964432
- Altintzoglou, T. M. Heide & M. Carlehög (2014). French consumer profiles' reactions to information on cod fillet products. *British Food Journal*, **116**:3, pp. 374–389. doi: 10.1108/Bfj-04-2012-0085
- Einen, O., T. Guerin, S.O. Fjaera & P.O. Skjervold (2002). Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. *Aquaculture*, **212**:1–4, pp. 129–140. doi: 10.1016/s0044-8486(01)00874-2
- Fennema, O.R., W.D. Powrie & E.H. Marth (1973). Low-temperature preservation of foods and living matter: New York: Dekker.
- Kaale, L.D. & T.M. Eikevik (2013). A histological study of the microstructure sizes of the red and white muscles of Atlantic salmon (*Salmo solar*) fillets during superchilling process and storage. *Journal of Food Engineering*, **114**:2, pp. 242–248. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.08.003
- Lerfall, J., T. Larsson, S. Birkeland, T. Taksdal, P. Dalgaard, S. Afanasyev . . . & T. Mørkøre (2012). Effect of pancreas disease (PD) on quality attributes of raw and smoked fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, **324**, pp. 209–217. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.11.003
- Li, D.P., N. Qin, L.T. Zhang, Q. Li, W. Prinyawiwatkul & Y.K. Luo (2019). Degradation of adenosine triphosphate, water loss and textural changes in frozen common carp (*Cyprinus carpio*) fillets during storage at different temperatures. *International Journal of Refrigeration-Revue Internationale Du Froid*, **98**, pp. 294–301. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2018.11.014
- McDonald, I. & N.R. Jones (1976). Control of thaw rigor by manipulation of temperature in cold store. *Journal of Food Technology*, **11**:1, pp. 69–71. doi: 10.1111/j.1365-2621.1976.tb00703.x
- Nakazawa, N. & E. Okazaki (2020). Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science*. doi: 10.1007/s12562-020-01402-8
- Norwegian Seafood Council. (2020). Sjømatekспорт for 107,3 milliarder kroner i 2019 Retrieved 10.6.2020, 2020, from <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/sjomatekспорт-for-1073-milliarder-kroner-i-2019/>
- Rotabakk, B.T. & J. Lerfall (2021). Konserveringsmetoder for sjømat. Rapport 14/2021, Nofima, Tromsø.
- Rotabakk, B.T., K. Bergman, F. Ziegler, T. Skåra & A. Iversen (2020). Climate impact, economy and technology of farmed Atlantic salmon. Rapport 44/2021, Nofima, Tromsø.
- Rørå, A.M.B. & O. Einen (2003). Effects of freezing on quality of cold-smoked salmon based on measurements of physiochemical characteristics. *Journal of Food Science*, **68**:6, pp. 2123–2128.
- Sigurðsladottir, S., H. Ingvarsdottir, O.J. Torrissen, M. Cardinal & H. Hafsteinsson (2000). Effects of freezing/thawing on the microstructure and the texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Research International*, **33**:10, pp. 857–865. doi: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00105-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00105-8)
- Veiseth-Kent, E., J.I. Hildrum, R. Ofstad, M.B. Rora, P. Lea & M. Rødbotten (2010). The effect of postmortem processing treatments on quality attributes of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) measured by sensory and instrumental methods. *Food Chemistry*, **121**:1, pp. 275–281. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.009

Zhu, S., H.S. Ramaswamy & B.K. Simpson (2004). Effect of high-pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods. *LWT - Food Science and Technology*, **37**:3, pp. 291–299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.004>

