

Nye metoder for bedre holdbarhet og mer miljøvennlig transport av lakseprodukter

Faglig sluttrapport



Foto: Audun Iversen

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon

Telefon: 77 62 90 00

post@nofima.no

www.nofima.no

NO 989 278 835 MVA



Hovedkontor Tromsø

Muninbakken 9–13

Postboks 6122

NO-9291 Tromsø



Stavanger

Måltidets hus

Richard Johnsen gate 4

Postboks 8034

NO-4068 Stavanger



Sunnalsøra

Sjøsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

Rapport

<i>Rapportnummer:</i> 3/2023	<i>ISBN:</i> 978-82-8296-738-9	<i>ISSN:</i> 1890-579X
<i>Dato:</i> 3. februar 2023	<i>Antall sider + sider vedlegg:</i> 20 + 0	<i>Prosjektnummer:</i> 13101
<i>Tittel:</i> Nye metoder for bedre holdbarhet og mer miljøvennlig transport av lakseprodukter, faglig sluttrapport		
<i>Title:</i> New methods for better shelf life and more environmentally friendly transport of salmon products, scientific final report		
<i>Forfatter(e):</i> Bjørn Tore Rotabakk, Morten Heide, Torstein Skåra, Gøril Voldnes, Jørgen Lerfall (NTNU), Emma Vangen (NTNU), Friederike Ziegler (RISE) & Audun Iversen		
<i>Avdeling:</i> Prosessteknologi, Markedsforskning, Næringsøkonomi		
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering AS (FHF)		
<i>Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:</i> FHF 901635		
<i>Stikkord:</i> Laks, marked og forbruker, miljø, økonomi		
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Resultatene i dette prosjektet viser at det er fullt mulig å senke klimautslippet knyttet til transport av norsk laks. Ved å gå over til eksport av fryst laks med båt til markeder som i dag får fersk fisk transportert med fly, eller eksportere subkjølt laks til markeder som betjenes med enten lastebil eller fly, så kan man få store reduksjoner i klimautslipp. Subkjølt laks til Europa har også blitt vist å kunne gi store innsparinger i transport- og emballasjekostnader. Videre er det vist at laks som fryses og tines riktig har kvalitetsegenskaper som er sammenlignbare med fersk laks. Markedsundersøkelsene viste at overgangen til fryst og tint laks ikke nødvendigvis er enkel. Det ble pekt på en preferanse for fersk laks i USA og Japan, samt at forbrukerne ikke var villig til å betale like mye for frossen som fersk laks. Det finnes imidlertid et segment forbrukere som ønsker laks med lavt karbonavtrykk, og dette segmentet er interessant å se videre på.		
<i>English summary/recommendation:</i> The results of this project show that it is entirely possible to reduce the climate emissions associated with the transport of Norwegian salmon. By switching to exporting frozen salmon by boat to markets that currently receive fresh fish transported by plane or exporting sub-chilled salmon to markets that are served by either truck or plane, you can achieve large reductions in climate emissions. Sub-chilled salmon to Europe has also been shown to be able to provide large savings in transport and packaging costs. Furthermore, it has been shown that salmon that is frozen and thawed correctly has quality characteristics that are comparable to fresh salmon. The market research showed that the transition to frozen and thawed salmon is not necessarily easy. It was pointed to a preference for fresh salmon in USA and Japan, and that consumers were not willing to pay as much for frozen as fresh salmon. There is a segment of consumers that wants salmon with a low carbon footprint, and this segment is interesting to investigate further.		

Forord

Dette prosjektet ble finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) gjennom en utlysning i mai 2020. Prosjektet ble finansiert med kr 3 millioner, og gikk fra august 2020 til november 2022. Prosjektet var et forskerstyrt prosjekt, med deltagere fra Nofima, RISE og NTNU.

Innhold

1	Sammendrag (både på norsk og engelsk)	1
1.1	Summary	1
2	Innledning	3
3	Problemstilling og formål	4
4	Gjennomføring av prosjektet, oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	6
4.1	Klimaavtrykk, økonomi og teknologi knyttet til oppdrettslaks (Rotabakk, Bergman, et al., 2020)	6
4.2	Konserveringsmetoder for sjømat (Rotabakk & Lerfall, 2021)	8
4.3	Tining av fryst laks (Rotabakk et al., 2022; Rotabakk et al., 2021)	9
4.4	Kvaliteten til tint Atlantisk laks (<i>Salmo salar</i>) fileter som en effekt av subkjøling før frysing (Vangen, 2022)	10
4.5	En dagligvareaktørs oppfatning av konserveringsmetoder for laks (Heide & Voldnes, 2021)	11
4.6	Forbrukeropfatninger om fersk og tint laks (Heide et al., 2022)	12
4.7	Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks (Iversen et al., 2022)	14
4.8	Konklusjon	15
5	Hovedfunn	17
6	Leveranser	18
7	Referanser	20

1 Sammendrag (både på norsk og engelsk)

Dette prosjektet ble lyst ut av FHF våren 2020, og et konsortium bestående av Nofima, RISE og NTNU sendte inn en søknad med en totalramme på kr 3 000 000. Prosjektet var et forskerstyrt prosjekt, og hadde en referansegruppe bestående av representanter fra Cermaq Norway AS, Grieg Seafood ASA, Havline-gruppen og Skaginn 3X AS, Norge. I tillegg var det knyttet kontakter til Kuehne+Nagel AS før prosjektstart som kunne bistå med informasjon knyttet til transport og logistikk. Prosjektet hadde som målsetting å finne alternativer til dagens konserveringsløsning innen prosjektets slutt, etter en grundig evaluering av eksisterende metoder og vurdering av nye metoder og kombinasjon av disse, med fokus på kvalitet, holdbarhet, miljøbelastning, forbrukeraksept og økonomi. Prosjektet ble organisert i fire arbeidspakker, der teknologi, marked, økonomi og miljø, samt formidling av resultatene var organisert i hver sin arbeidspakke. Data ble innhentet gjennom praktiske forsøk, litteraturstudier, intervjuer med innkjøpere og forbrukere i USA og Japan, forbrukertest i Norge, samt datainnsamling fra sentrale næringsaktører.

Resultatene i prosjektet viser at superkjøling og frysing er de to teknologiene som har størst potensiale til å øke holdbarheten til laks slik at den kan transporteres mer miljøvennlig, og at rask frysing og tining av *pre-rigor* laks gir en kvalitet som er sammenlignbar med fersk laks. Markedsundersøkelsene viser at det er knyttet utfordringer til å gå over til fryst og tint laks, da både det japanske og amerikanske markedet foretrekker fersk laks. Betalingsviljen for tint laks er 30 % lavere enn for fersk, og det ser ikke ut til at de fleste kundene påvirkes av at tint laks har lavere karbonavtrykk. Det finnes et segment som vil ha mat med lavt karbonavtrykk, og dette segmentet kan være en god plass å starte for å øke andelen tint laks i butikkene. Miljøberegninger viser at flytransport av fersk laks mer enn dobler det totale karbonavtrykket til laks, mens båttransport av frossen laks reduserer utslippet i transportleddet med 90 % sammenlignet med fly. Ved å superkjøle laksen, får man ned energiforbruket på slakteriene, samt at man får en mer effektiv transport siden man ikke trenger å transportere is. Dette reduserer utslippet ved trailertransport til Europa med 15 %, samt 20 % ved flytransport til Asia. Beregninger viser at bare ved å gå over til superkjøling kan den totale besparelsen for norsk laksenæring være i størrelsesorden 1,5 milliarder per år, hovedsaklig på grunn av bedre transporteffektivitet.

Konklusjonen fra prosjektet er at det er fullt mulig å få redusert karbonutslippet knyttet til transport av norsk laks. Teknologisk er det mulig å produsere fryst og tint laks med sammenlignbar kvalitet som fersk laks, men det er knyttet markedsmessige utfordringer til pris og kundepreferanse. For norsk laksenæring vil en overgang til fryst eller superkjølt laks gi et bedre image, som også kan gi økonomisk gevinst.

1.1 Summary

This project was announced by FHF in spring 2020, and a consortium consisting of Nofima, RISE and NTNU applied with a total budget of NOK 3,000,000. The project was a researcher-led project and had a reference group consisting of representatives from Cermaq Norway AS, Grieg Seafood ASA, the Havline group and Skaginn 3X AS, Norway. In addition, there were contacts with Kuehne+Nagel AS who could assist with information related to transport and logistics. The project's objective was to find alternatives to the current preservation solution by the end of the project, after a thorough evaluation of existing methods and assessment of new methods and their combination, with a focus on quality, durability, environmental impact, consumer acceptance and economy. The project was organized in four work packages, where technology, market, economy and environment, as well as dissemination of the results, were organized in each work package. Data was obtained through practical trials, literature studies, interviews with buyers and consumers in the USA and Japan, consumer tests in Norway, as well as data collection from key business players.

The results of the project show that superchilling and freezing are the two technologies that have the greatest potential to increase the durability of salmon so that it can be transported more environmentally

friendly, and that rapid freezing and thawing of pre-rigor salmon provides a quality that is comparable to fresh salmon. The market surveys show that there are challenges associated with switching to frozen and thawed salmon, as both the Japanese and American markets prefer fresh salmon. The willingness to pay for thawed salmon is 30% lower than for fresh, and it does not appear that most customers are affected by the fact that thawed salmon has a lower carbon footprint. There is a segment that wants food with a low carbon footprint, and this segment could be a good place to start to increase the proportion of thawed salmon in the shops. Environmental calculations show that air transport of fresh salmon more than doubles the salmon's total carbon footprint, while boat transport of frozen salmon reduces emissions in the transport link by 90% compared to air. By supercooling the salmon, the energy consumption at the slaughterhouses is reduced, as well as more efficient transport since you do not need to transport ice. This reduces the emissions for trailer transport to Europe by 15%, as well as 20% for air transport to Asia. Calculations show that just by switching to supercooling, the total savings for the Norwegian salmon industry could be in the order of 1.5 billion per year, just from better transport efficiency. The conclusion from the project is that it is entirely possible to reduce the carbon emissions associated with the transport of Norwegian salmon. Technologically, it is possible to produce frozen and thawed salmon with comparable quality to fresh salmon, but there are market-related challenges related to price and customer preference. For the Norwegian salmon industry, a switch to frozen or super-chilled salmon will give a better image, which can also bring financial benefits.

2 Innledning

Norsk laks er en suksess innen internasjonal sjømatnæring, og blir distribuert over store deler av verden. Avstanden og betalingsviljen til deler av markedet er så stor at det er tatt i bruk fly for å kunne tilby fersk laks av god kvalitet til de fjerneste markedene. I 2019 ble over 200 000 tonn med 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). Når laks fraktes med fly til fjerne markeder (Asia/Amerika), så utgjør frakten majoriteten av klimautslippet i hele laksens livssyklus. For eksempel så gir flyfrakt cirka 15 ganger høyere utslipp enn båtfrakt til Shanghai, slik at laksens totale utslipp (produksjon + frakt) blir cirka 3 ganger høyere (Winther et al., 2019). Flyfrakten av laks genererte i 2019 etter våre beregninger et CO₂-utslipp på rundt 800.000 tonn i året. For transport til Europa, som i all hovedsak går på bil og tog, så var 95 % av laksen som eksporteres HOG (SSB/Sjømatrådet), som betyr at det er et stort volum med lavkostprodukt (hode og rygg) samt avfall (is) som transporteres. For å gjøre laks mer miljømessig bærekraftig må man med andre ord vurdere hvilke metoder man kan anvende for å redusere miljøbelastningen. Herunder vil metoder for å konservere laks som gir redusert miljøbelastning, samtidig som man opprettholder kvalitet, holdbarhet og lønnsomhet være sentrale problemstillinger. Fra et markedsperspektiv kan det være utfordrende å erstatte et ferskt produkt med andre konserveringsmetoder. Dette er høyst relevant for fersk laks ettersom både industrielle kjøpere og forbrukere i mange markedssegmenter, som for eksempel sushi, har høy preferanse for dette produktet (Egeness et al., 2015). Det eksisterer lite kunnskap om forbrukeraksept for andre konserveringsmetoder for laks som for eksempel superkjøling, frysing og modifisert atmosfære, både når det gjelder evaluering av selve produktene og hvordan informasjon om hvordan produktene er fremstilt påvirker kjøpsbeslutning.

Basert på dette, så ville man i dette prosjektet se på de viktigste eksportkjedene til norsk laks til Europa og Asia, og identifisere alternativer til dagens konserveringsmetoder fra slakt og til marked. Alternativene defineres ut fra eksisterende eller ny teknologi og logistikk-løsninger som kombineres til en fungerende verdikjede. De nye kjedene ble evaluert ut fra klimaavtrykk, kvalitet/holdbarhet, økonomi og markeds-/forbrukeraksept. Forskningsutfordringen i dette prosjektet var tredelt; (1) finne en eller flere konserveringsmetoder som muliggjør reduksjon av miljøbelastningen samtidig som man beholder kvalitet og holdbarhet, (2) undersøke markedenes og forbrukernes aksept for slike endringer, (3) kvantifisere miljøbelastningen og økonomien i de alternative produksjonsmetodene.

Prosjektet hadde en varighet på i overkant av 2 år (fra august 2020 til november 2022), og hadde en total kostnadsramme på kr 3 millioner.

Prosjektet hadde deltagende forskere fra Nofima, RISE og NTNU, og Nofima hadde prosjektledelsen.

Det ble i prosjektet opprettet fire arbeidspakker, som alle var tilknyttet hvert sitt delmål (Kap 3). Disse fire arbeidspakkene var:

- AP1 Finne nye konserveringsmetoder for laks.
- AP2 Vurdering av markeds- og forbrukeraksept for ulike konserveringsmetoder av laks.
- AP3 Vurdering av miljøbelastning og økonomi.
- AP 4 Administrasjon av prosjektet og kommunikasjon.

Alle arbeidspakkene ble ledet av Nofima.

Referansegruppen besto av deltagere fra Cermaq Norway AS, Grieg Seafood ASA, Havline-gruppen og Skaginn 3X AS, Norge. I tillegg var det knyttet kontakter til Kuehne+Nagel AS før prosjektstart som kunne bistå med informasjon knyttet til transport og logistikk.

3 Problemstilling og formål

Prosjektet hadde som målsetning å finne alternativer til dagens konserveringsløsning innen prosjektets slutt, etter en grundig evaluering av eksisterende metoder og vurdering av nye metoder og kombinasjon av disse, med fokus på kvalitet, holdbarhet, miljøbelastning, forbrukeraksept og økonomi. Dette skulle gjøres gjennom følgende delmål:

- 1) Finne alternative protokoller for produksjon og transport av laks, som sikrere holdbarhet og kvalitet, ved hjelp av eksisterende eller nye konserveringsmetoder, eller kombinasjon av metoder.
- 2) Frembringe ny kunnskap om hvordan innkjøpere og forbrukere oppfatter ulike konserveringsmetoder for laks, og hvordan dette påvirker forbrukeraksept og betalingsvillighet.
- 3) Evaluere de nye metodenes klimapåvirkning og kvantifisere de økonomiske konsekvensene.
- 4) Kommunisere kunnskapen prosjektet skaper i åpne kanaler, både direkte og mer generelt gjennom media og sosiale kanaler.

Alle målene i prosjektet har blitt møtt.

Delmål 1 har blitt besvart i følgende leveranser:

- Konserveringsmetoder for sjømat, Nofima rapport (Rotabakk & Lerfall, 2021)
- Tining av fryst laks, Nofima rapport (Rotabakk et al., 2021)
- Thaw rigor in Atlantic salmon (*Salmo salar*) filets, as affected by thawing rate and frozen storage, per review artikkel i LWT-Food Science and Technology (Rotabakk et al., 2022)
- The quality of thawed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) filets as affected by sub-chilling prior to freezing, Master's thesis (Vangen, 2022)

Disse rapportene og publikasjonene summerer opp mulige konserveringsmetoder, samt studerer hvilken effekt ulike fryse- og tineregimer, samt lagringstid som fryst og tint har på kvaliteten av fryst og tint laks.

Delmål 2 har blitt besvart i følgende leveranser:

- En dagligvareaktørs oppfatning av konserveringsmetoder for laks, Nofima rapport (Heide & Voldnes, 2021)
- Forbrukeroppfatninger om fersk og tint laks, Nofima rapport (Heide et al., 2022)

Disse rapportene har, på bakgrunn fra resultater i AP1, studert hvordan både kjøpsleddet i Japan, samt forbrukere i Japan og USA vurderer fryst og tint laks fra Norge som et produkt. Det ble i tillegg gjennomført en smakstest med norske forbrukere.

Delmål 3 har blitt besvart i følgende leveranser:

- Climate impact, economy and technology of farmed Atlantic salmon, Nofima-rapport (Rotabakk, Bergman, et al., 2020)
- Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks, Nofima-rapport (Iversen et al., 2022)

Disse to rapportene har studert økonomiske og miljømessige konsekvenser av fryst og tint laks, samt superkjølt laks til Europa (Paris) og Asia (Shanghai). I tillegg har effekten av å øke prosesseringen i Norge, ved å filetere laksen, blitt studert.

Delmål 4 har blitt møtt på flere måter. Det har blant annet blitt skrevet kronikker i Matindustrien (Rotabakk, Iversen, et al., 2020), Fiskeribladet (Rotabakk, 2021), det har blitt holdt informasjonsmøte med daværende fiskeriminister Odd Emil Ingebrigtsen sammen med representanter fra Cermaq Norway AS og Grieg Seafood ASA med påfølgende presseoppslag (f.eks Nygård, 2021), det har blitt holdt foredrag ved Aqua Nor 2021 (forskningstorget), Nor-Fishing 2022 (Nofimas seminar og forskningstorget), Havbruk

2022, Workshop on Nordic Salmon Processing (Iceland 2022) for å nevne de noen av de viktigste formidlingene. Det har også blitt spilt inn en podcast i Nofimas podcast-serie sammen med Hans Petter Næs fra FHF. Det ble videre sluppet en nyhetssak i månedsskiftet november-desember 2022 som en NTB-melding¹ som ble plukket opp av mye media, og som fikk mye publisitet. Det ble sluppet en ny nyhetssak på nofima.no i desember, og det er laget en sak som ble publisert i Nofimas blad «Næringsnytte» utgave 2022 som presenterer funn fra prosjektet. Fullstendig publisering vil bli redegjort for i kap 6.

Dette prosjektet har vist at det er mulig for næringen å finne transportmetoder som er mer miljøvennlige, både når det gjelder transport til nære markeder (Europa), og fjerne markeder (f.eks. Asia). Den største reduksjonen i klimautslipp er ved å gå fra fersk laks på fly over til frossen på båt for de fjerne markedene, men selv det å eksportere filet senker utslippene med 20 %. Dette gjelder til alle markeder, og forutsetter god utnyttelse av restråstoffet i Norge. Videre har vi vist at subkjøling har et stort potensial i å redusere både klimautslipp og kostnader knyttet til transport, med en mulig besparelse på over en og en halv milliard kroner for norsk laksenæring totalt. Dette forutsetter at man kan øke mengden fisk i hver kasse som følge av at man ikke trenger å ha is i kassen. Prosjektet har flyttet kunnskapsfronten på hvordan innfrysing og tining bør gjøres for å sikre kvaliteten på råstoffet. Rask innfrysing av subkjølt fisk, samt rask tining gir et tint produkt som i mange tilfeller kan konkurrere med et ferskt produkt, noe forbrukertesten gjennomført i Norge har vist. Der klarte ikke forbrukerne å skille mellom fryst og tint laks sammenlignet med fersk laks. Vi har også vist at det vil være motstand i markedet mot fryst fisk, og at det er lavere betalingsvilje, men det finnes et forbrukersegment som fokuserer på miljøvennlige alternativer. Prosjektet har dermed belyst flere sider, både miljømessige og økonomiske aspekter, teknologiske løsninger, samt markedsmessige utfordringer for å kunne gjøre næringen i stand til å gjøre mer bærekraftige beslutninger knyttet til transport av laks.

¹ [1,5 milliarder å spare på laksetransport | Nofima \(ntb.no\)](#)

4 Gjennomføring av prosjektet, oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

Laks kan med de riktige forutsetninger ha veldig lavt karbonavtrykk. Dette er for eksempel tilfellet når man bruker marine føringredienser fra et effektivt fiske, eller med vegetabiliske råvarer fra land som ikke avskoger for å produsere soya. Men selv om lakseprodusenter internasjonalt kåres til de mest miljøvennlige proteinprodusenter², har lakseoppdrett to «problemområder» når det gjelder klimapåvirkning. Det ene er altså fôrproduksjonen, hvor en økende andel vegetabiliske ingredienser i fôret, fra land med ekspanderende jordbruksarealer (Winther et al., 2019), har gjort at det er fôret som dominerer klimapåvirkningen til laksen, selv når man tar hensyn til hele distribusjonskjeden. Det andre er flyfrakten av rundt 200 000 tonn laks, som er den eneste transportformen som utgjør en stor andel av laksens karbonavtrykk.

I dette kapittelet vil gjennomføringen og hovedfunnene i prosjektet bli presentert og diskutert. Detaljer rundt metode og metodevalg, samt en mer grundig presentasjon av resultater og diskusjon er rapportert i allerede publiserte rapporter fra prosjektet, som det refereres til i hvert underkapittel.

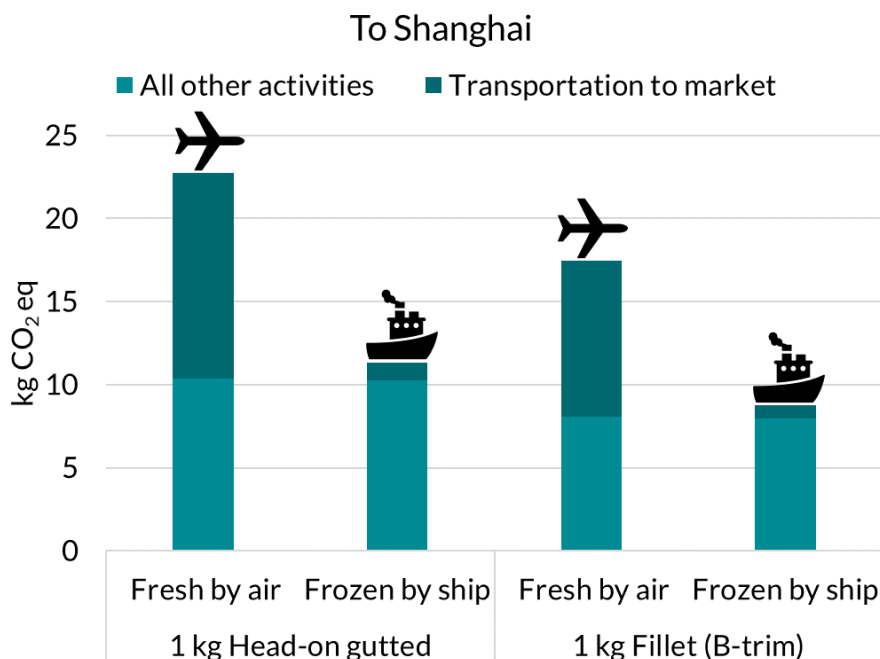
4.1 Klimaavtrykk, økonomi og teknologi knyttet til oppdrettslaks (Rotabakk, Bergman, et al., 2020)

Første rapport i prosjektet dokumenterte hvordan teknologien knyttet til produksjon og transport av fersk og frossen laks var ved prosjektstart. I tillegg ble det gjort beregninger på klimaavtrykket og økonomien ved transport av fersk og frossen fisk til Asia og ferskt produkt til Europa.

Laks transporteres i dag hovedsakelig fersk. Dette skjer i all hovedsak ved at hel fisk (head on gutted (HOG)) eller filet legges i kasser av ekspandert polystyren (EPS), cirka 20–22 kg, som så dekkes med is (3–5 kg). Dette er en metode som er godt innarbeidet i hele næringen, og som sikrer god kjøling ved transport, også ved brudd på kjølekjeden. Det eksisterer også metoder for subkjøling, som gir fisken en temperatur lavere enn 0 grader, men over frysepunktet. Dette gjør at man slipper is i kassen, og man kan teoretisk øke mengden fisk i kassen eller på pallen. Subkjøling kan gjøres på flere måter, og det eksisterer gode teknologiske løsninger på dette i dag. Metodikken ved frysing og tining av laks ble videre undersøkt. Intervju av utvalgte aktører i næringen viste at det er til dels store sprik i hvordan innfrysing av laks gjennomføres. Tider på opptil 12 timer for hel fisk, og 24 timer for filet ble rapportert, noe som ikke er optimal innfrysing. Det ble også rapportert ulike temperaturer benyttet ved fryselagring, med temperaturer mellom -22 og -25 grader som vanligst. Videre eksisterte det ingen føringer for hvordan man skulle tine fisken for å få et godt resultat.

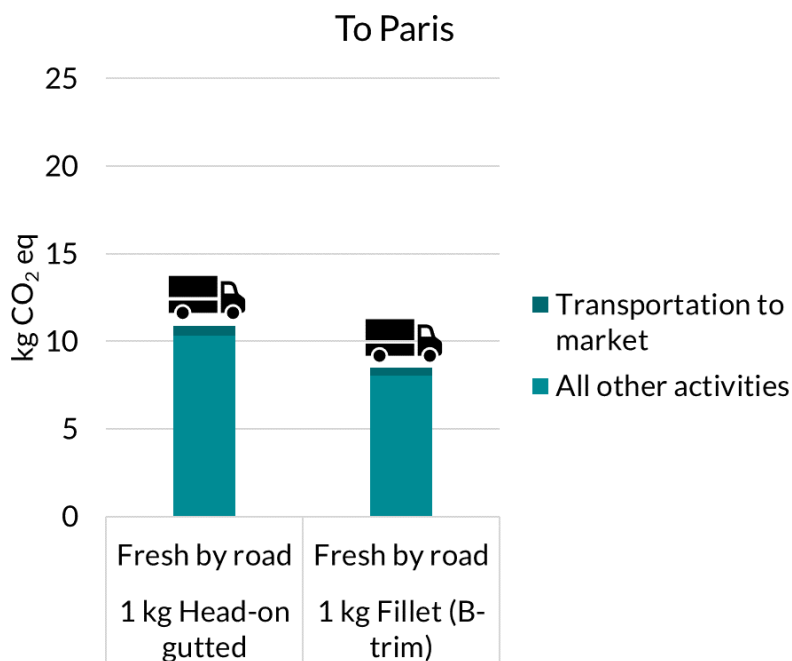
Klimaavtrykket til all flyfrakt av norsk laks i 2019 ble beregnet. Det totale CO₂-utslippet ble anslått til å være omtrent 800 000 tonn CO₂, noe som er av tilsvarende størrelse som all innenlands flyvning i Norge. Videre viste beregninger i en "case study" at man kunne redusere karbonavtrykket med 90 % ved å gå fra flytransport av fersk laks til båttransport av frossen laks når man brukte Shanghai som eksempel (Figur 1). Om man produserer filet, reduserer man klimaavtrykket for hele verdikjeden med 20 %.

² <https://www.fairr.org/index/>



Figur 1 Klimaavtrykk for fire typer lakseprodukter transportert fra Norge til Shanghai på to måter, med antagelse av ingen bruk av restråstoff hos kunde (Rotabakk, Bergman, et al., 2020)

Ved transport til Paris med lastebil, så er transportdelen omtrent neglisjerbar når man studerer hele verdikjeden (Figur 2).



Figur 2 Klimaavtrykk fra to typer lakseprodukter transportert fra Norge til Paris med lastebil (Rotabakk, Bergman, et al., 2020)

Stor effekt oppnås ved å transportere fileten. For både Shanghai og Paris knyttes reduksjonen av klimaavtrykk til to ting: redusert biomasse som må transporteres og at utnyttelsen av restråstoff antas å være vesentlig høyere i Norge enn hos kunde.

Økonomisk analyse av de samme verdikjedene som ble analysert for klimaavtrykk viste mye av de samme trendene. Transport til Europa med lastebil har en lav kostnad, og økte den totale kostanden med cirka 4 %. Ved transport med fly til Shanghai, så økte de totale kostnadene med 26 %. Ved å gå over til transport med båt til Asia, så kan man redusere transportkostnadene med cirka 85 % sammenlignet med fly.

Konklusjonen i denne rapporten var at det er mulig med til dels store reduksjoner av både klimaavtrykk og transportkostnader, særlig ved transport til Asia. Det er også fordelaktig å filetere fisken. Ved produksjon av fryst fisk, var det særlig tineregime som var lite dokumentert.

4.2 Konserveringsmetoder for sjømat (Rotabakk & Lerfall, 2021)

For å kunne redusere klimaavtrykket, ble det gjennomført en mulighetsstudie for å utrede mulige konserveringsmetoder som kunne forlenge holdbarheten til laks, og dermed gjøre det mulig å velge mer klimavennlige fraktalternativer.

En enkel inndeling av de metodene som er beskrevet, er å se på hvor lang holdbarhet de kan gi. Frysing er uten sammenligning den metoden som gir lengst holdbarhet. Korrekt utført innfrysing, lagring, emballering og tining, gir holdbarhet på over ett år med en kvalitet på det tinte råstoffet som er rapportert til å være godt og sammenlignbart med fersk laks. Det er flere næringskjeder av sjømat som benytter denne teknologien, blant annet pelagisk sektor, hvitfisk, og laks. I 2020 ble 16,5 % av all laks eksportert fra Norge, eksportert i frossen tilstand (SSB).

Skal man øke holdbarheten på fersk laks, er det mye å hente ved å superkjøle laksen. Dette kan utføres både på HOG og filet. Lengst holdbarhet er rapportert ved å holde en lagringstemperatur som er kaldere enn det initiale frysepunktet til fisken, men dette krever meget god temperaturkontroll og kun små svingninger i temperatur for å forhindre at iskrystaller vokser, som igjen fører til utfordringer med drypptap og tekstur. Superkjøling er en prosess som enkelt kan kombineres med andre teknologier. Kombinasjonen superkjøling og MA viser seg å ha ytterligere effekt utover det de to teknologiene gir hver for seg. Det eksisterer teknologiske løsninger i dag som kan tas i bruk for å kunne sende både filet og HOG superkjølt alene eller kombinert med MA-pakking, og en dobling av holdbarhetstiden er mulig ifølge litteratur omtalt i denne rapporten. MA-pakking vil kunne være både gasspakking og bruk av vakuum. Det er også mulig å kombinere superkjøling med tilsetningsstoffer. Fordelen til superkjøling og MA, er at dette oppfattes som naturlig av kundene. Bruk av tilsetningsstoffer er å gå et steg videre i prosessering som vil kunne føre til at kunder sitt syn på ferskt råstoff blir utfordret. Bruken av tilsetningsstoffer på fersk fisk er lite brukt i Norge, selv om det finnes tilsetningsstoffer som er lovlig og som det ikke er satt noen øvre grense for, da de er naturlige for fisk.

Flere av teknologiene som er omtalt i denne rapporten er ikke anvendelige på det nåværende tidspunkt. Kald plasma er en av disse. Den er i dag ikke lov å bruke på fisk, men har blitt tatt med i rapporten, da dette er en teknologi som det forskes mye på, og som er spådd å bli en viktig teknologi i europeisk matindustri. Bestråling av mat er en annen. Litteraturen viser til dels særs lange holdbarhetsøkninger ved bestråling, og påvirkningen av maten er liten hvis den utføres rett med ikke for store doser. I Norge er bestråling av fisk ikke lovlig, og det er en til dels sterk motstand blant forbrukere mot bestrålt mat, da dette oppleves som skummelt siden den assosieres med radioaktivitet. Studier støtter ikke denne bekymringen. Å øke holdbarhet for å kunne transportere varer på en mer bærekraftig måte er et fokus for fremtiden. Med det fokuset, så vil bestråling av laks være en aktuell teknologi i fremtiden, da det kan gi en økning i holdbarheten som muliggjør transport av fersk laks til store deler av verden med båt.

Av de teknologiene som gjenstår, så peker frysing og superkjøling seg ut som de teknologiene som vil kunne gi den holdbarhetsøkningen som er nødvendig for å kunne senke klimautslippene for transport av

laks. Begge teknologiene kan kombineres med andre teknologier, slik som for eksempel MA-pakking i kombinasjon med superkjøling.

Dette gav føringer for videre arbeid i prosjektet. Det ble besluttet sammen med referansegruppen at markedsundersøkelsene og kvalitetsstudiene skulle konsentrere seg om fryst og tint produkt, mens økonomi og miljøregnskapet skulle følge en verdikjede med superkjølt laks.

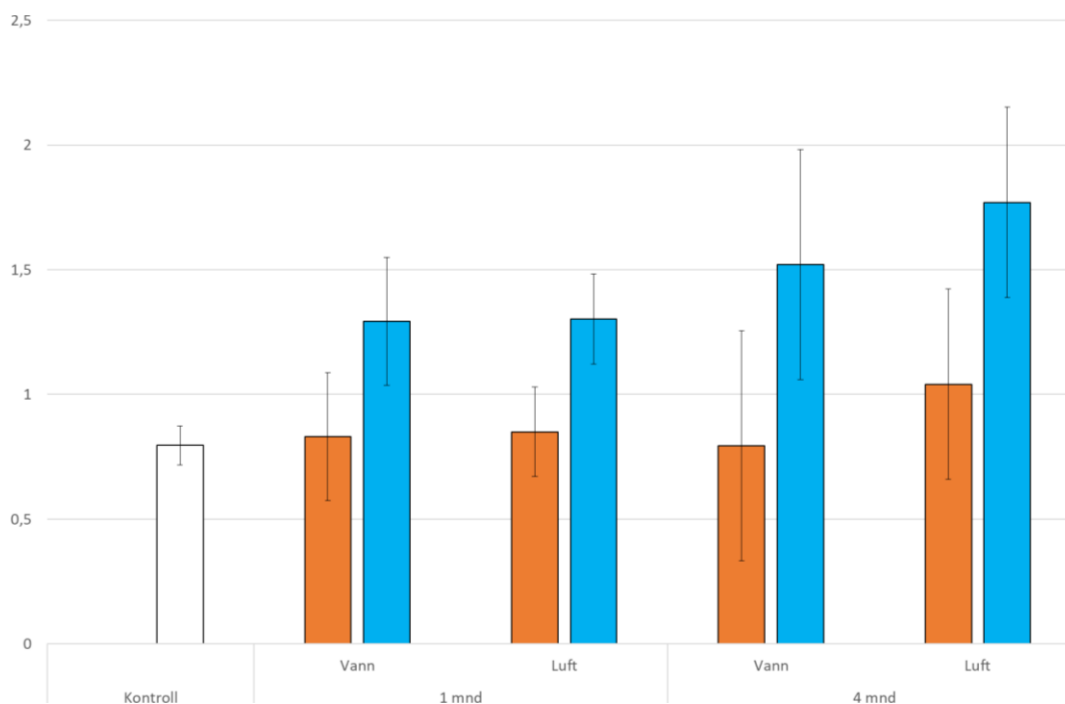
4.3 Tining av fryst laks (Rotabakk et al., 2022; Rotabakk et al., 2021)

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-fryste. Dermed er for eksempel 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.

Designet var 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 tinetap og rigor-kontraksjon 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 rigor-kontraksjon, tekstur, farge og drypptap målt. Dette gav fire grupper: (A) 1 måned lagring, raskt tint, (B) 1 måned lagring, sakte tint, (C) 4 måneder lagring, raskt tint, og (D) 4 måneder lagring, sakte tint. I tillegg ble det laget en kontroll, som ikke var frosset, men lagret vakuumert fersk i 7 dager. Det ble brukt 10 fileter i hver gruppe.

Resultatene i dette forsøket viser at ved rask innfrysing av pre-rigor laksefilet og lagring ved -30 °C i opptil 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 (Figur 3). Lagringstid på frysing 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.



Figur 3 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 tinetap, 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 ± standardavvik.

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 frysede 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.

4.4 Kvaliteten til tint Atlantisk laks (*Salmo salar*) fileter som en effekt av subkjøling før frysing (Vangen, 2022)

Dette arbeidet ble gjennomført som en mastergradsoppgave ved NTNU. Denne masteroppgaven hadde som hensikt å undersøke hvordan den indre temperaturen til Atlantisk laks før frysing påvirket kvaliteten på fisken etter at den var tint. Subkjøling er en form for superkjøling der temperaturen på fisken senkes til cirka -1,5 °C. Denne metoden for nedkjøling ble sammenlignet med tradisjonell kjøling på is. Et oppsett med nedkjølt sjøvann (RSW) ble lagd ved å bruke 7 % saltlake og is. Temperaturen på løsningen var rundt -6,0 °C og fisken ble subkjølt i denne løsningen. Iskjølt fisk ble lagret i EPS-bokser med is. Et lagringsforsøk ble også introdusert hvor subkjølt fisk og iskjølt fisk ble lagret fersk, samt 1 måned og 4 måneder som frossen. På slutten av frysetiden ble filetene tint og plassert i et kjølerom. Kvalitetsanalyser ble utført etter 1, 5, 12 og 16 dager i kjølerommet. Det ble analysert for vanninnhold, drypptap, tekstur, farge, proteindenaturering, mikrobiell vekst og nedbrytning av adenosintrifosfat (ATP). Resultatene viste at subkjølt fisk hadde høyere drypptap enn iskjølt fisk, mindre vekst av mesofile bakterier, og høyere konsentrasjoner av inosinmonofosfat. I kombinasjon med fryselagring ga subkjølingen bedre kvalitet i flere av forsøksparameterne. Signifikante forskjeller ble funnet når man så på lagringsmetoden hvor frossen fisk hadde høyere drypptap enn fersk fisk, fersk fisk hadde mer vekst av psykrotrofe bakterier, krevde mer kraft med hensyn til bruddkraft og fasthet, hadde høyere fargeintensitet og gulere fargetone. Det ble konkludert med at subkjøling i kombinasjon med fryselagring gir et produkt av bedre kvalitet enn kjøling med is før innfrysing, men det var ikke stor forskjell mellom de frosne prøvene med hensyn til lagringstid som frossen.

Tidligere forsøk har vist at rask innfrysing er viktig, samt at det er viktig å ha lav nok temperatur på fryse-lagringen, gjerne -30 °C. Resultatene i kap 4.3 og 4.4, viser at rask tining er fornuftig, samt at det ikke er store forskjeller mellom fersk og frossen laks. Man får et produkt som er tilsvarende et ferskt produkt. Det er imidlertid viktig å merke seg at man har avsluttet lagringen som frossen etter 4 måneder. Man kan dermed ikke bruke disse resultatene til å si noe om hvordan kvaliteten er etter 1–2 år med fryselagring.

4.5 En dagligvareaktørs oppfatning av konserveringsmetoder for laks (Heide & Voldnes, 2021)

Selv om det teknologisk er vist at frossen laks har en kvalitet som er sammenlignbar med fersk laks, så kan det fra et markedsføringsperspektiv være utfordrende å erstatte fersk med fryst og tint laks. Det er mulige utfordringer både når det gjelder aksept hos forbruker og dagligvarehandel, tekniske og logistiske evner i distribusjonskjeden og økonomi. Fra et forbrukerperspektiv viser mange studier at ferskhets er ett av de viktigste kjøpskriterier for sjømat (Bronnmann & Asche, 2017; Heide & Olsen, 2017). Fersk fisk oppleves generelt sunnere, av bedre kvalitet og vurderes samlet sett bedre enn fryst fisk (Claret et al., 2012; Vanhonacker et al., 2013). Imidlertid viser forskning at i blindtester blir fersk og tint torsk evaluert likt av forbrukere (Heide et al., 2011). Samme studie viste at fersk torsk evalueres bedre når forbrukerne får informasjon om at den er fersk. Vi kjenner ikke til at det er gjort tilsvarende forskning på laks. I sum viser denne forskningen at forbrukeraksept for ulike konserveringsmetoder for fisk ikke bare avhenger av den objektive kvaliteten til produktet, men også forbrukerens oppfattelse av hvordan produktet er konserverert. Denne informasjon er i mange tilfeller påbudt å kommunisere til forbruker, innen EU er det for eksempel påbudt å informere om et sjømatprodukt er tint. Kunnskap om forbrukeraksept og betalingsvillighet for fryst og tint laks og hvordan kommunikasjon om dette kan påvirke forbruker er helt sentral for å lykkes.

Det ble på bakgrunn av dette gjennomført intervju med en dagligvarekjede for å undersøke hvordan de oppfatter muligheten for en overgang fra fersk laks som flyfraktes, til tint laks som fraktes fryst på båt til markedet. Dagligvarekjedene er de endelige beslutningstakerne for hva som selges i deres butikker og er dermed sentrale i beslutningen for hva forbrukerne vil tilbys. Kunnskap om hvordan sentrale aktører innen dagligvarehandelen oppfatter en overgang fra fersk til tint laks er viktig for å kartlegge markedsaksept.

Markedet ble valgt i samarbeid med en representant for laksenæringen. Det var viktig å velge et marked som var stor på flyfrakt, samtidig som kundene hadde en viss erfaring med frysede og tinte produkter. Med dette som bakgrunn ble Japan, som er det største flyfraktmarkedet for norsk laks, valgt. I 2021 utgjorde flyfrakt av norsk laks til Japan 13 517 tonn hel laks og 16 736 tonn filet (Kilde: Statistisk Sentralbyrå). Japan er også det markedet med størst estimert totalt CO₂-utslipp fra flyfrakt av laks fra Norge (Rotabakk, Bergman, et al., 2020). En annen årsak til å velge dette markedet er at fryst og tint sjømat selges her. Et eksempel er fryst og tint tunfisk.

En japansk dagligvareaktør ble rekruttert for intervju ved hjelp av en lakseprodusent. Den japanske aktøren selger ulike typer laks i sine butikker og har vært i markedet over lengre tid.

Resultatene viser at det finnes både utfordringer og muligheter for å erstatte fersk med tint laks i Japan.

Utfordringer ved å erstatte fersk med tint laks er:

- Japanske forbrukere har høy preferanse for fersk laks til rått konsum (sashimi).
- Forbrukerne er i stand til å smake forskjell på sashimi av fersk og tint laks.
- Forbrukere er ikke opptatt av CO₂-avtrykk.
- Ferskhets er det viktigste kjøpskriteriet for dagligvareaktøren ved siden av pris.
- Betalingsviljen for tint laks er lavere enn for fersk laks.

Faktorer som kan bidra til å erstatte fersk med tint laks er:

- Japanske forbrukere er vant til å spise sashimi av andre fiskeslag tint.
- Laks til andre anvendelser enn rått konsum (kirimimi), selges tint.
- Fryst laks har lengre holdbarhet, man kan ha bedre kontroll på lagerbeholdning og unngå matsvinn.
- Selv om ikke japanske forbrukere er opptatt av CO₂-avtrykk prøver dagligvarekjeden å kommunisere om dette til forbruker.
- Bedre fryse- og tineteknologi kan bidra til å redusere eller eliminere de sensoriske forskjellene mellom fersk og tint laks.

Den japanske aktøren som ble intervjuet mente at det vil være vanskelig å erstatte all fersk laks med tint laks, men at det burde være mulig å erstatte noe om pris og kvalitet er tilfredsstillende.

Disse resultatene er basert på intervju med én japansk aktør. Resultatene kan dermed ikke generaliseres til å gjelde hele det japanske markedet for laks eller andre markeder.

Resultatet fra denne eksplorative undersøkelsen inngikk som bakgrunnskunnskap for en større forbrukerstudie som ble gjennomført og som gjennomgås i neste kapittel.

4.6 Forbrukeroppfatninger om fersk og tint laks (Heide et al., 2022)

Undersøkelsen for å frembringe ny kunnskap om hvordan ulike konserveringsmetoder (fersk og tint) påvirker forbrukeroppfatninger av laks ble gjennomført i januar/februar 2022 i Japan og USA. Årsaken til valget av disse to markedene er at de er to av de største flyfraktmarkedene for norsk laks. I begge markedene ble det anvendt et representativt utvalg på omtrent 500 forbrukere. Det ble anvendt to filtreringsspørsmål; "Har du kjøpt eller spist laks minst en gang de siste tre månedene?" og "Ingen sjømatallergier?". Respondenter som svarte ja på begge disse spørsmålene, kunne delta i undersøkelsen. Filtreringsspørsmål ble anvendt for å unngå respondenter som ikke har erfaring eller kunnskap om laks. På denne måten sikret man seg at man fikk relevante svar av god kvalitet.

Blindtest av tinte og ferske lakseprodukter for å identifisere eventuelle sensoriske forskjeller ble gjennomført i kantinen på Måltidets Hus, Stavanger, 7–8 april 2022 ved lunsjtid. I en blindtest får ikke forbrukerne noe informasjon om produktet de tester. Det ble her brukt et bekvemmelighetsutvalg som besto av besøkende og ansatte tilknyttet Ipark i Stavanger. Dette betyr at resultatene ikke er generaliserbare til norske forbrukere generelt.

Prosjektets første målsetting var å frembringe ny kunnskap om hvordan konserveringsmetodene fersk og tint påvirker forbrukeroppfatninger av laks. Resultatene viser at forbrukerne fra USA og Japan hadde ulike assosiasjoner til fersk og tint laks. De amerikanske forbrukerne hadde langt flere negative assosiasjoner til tint laks (Figur 4) enn de japanske forbrukerne (Figur 5). Dette ble også gjenspeilt i holdningene til fersk og tint laks. Det var vesentlig mer positiv holdning til fersk sammenlignet med tint laks i USA, men ingen forskjell i holdning til fersk og tint laks i Japan. Dette viser at assosiasjonene forbrukere har til fersk og tint laks kan gjenspeiles i holdningen til produktene, og at det således vil være viktig å prøve å øke antall positive assosiasjoner til tint laks for at dette produktet skal lykkes i disse markedene.



Figur 4 Assosiasjoner tint laks - USA



Figur 5 Assosiasjoner tint laks - Japan

Prosjektets andre målsetting var å undersøke hvordan det å erstatte fersk med tint laks påvirker forbrukeraksept og betalingsvillighet. Dette inkluderte å undersøke hvordan ulik type informasjon om laks påvirker forbrukerens valg og om grønne forbruksverdier og miljøvennlig kjøpsadferd kan forklare valgene. Å påvirke holdningen til tint laks med informasjon om karbonavtrykk hadde ingen stor effekt i noen av markedene. Det bør undersøkes om annen type informasjon, eksempelvis normativ eller følelsesmessig, kan ha større påvirkning på holdning til tint laks. Videre undersøkte man hvilke egenskaper som var viktig for å skifte fra fersk til tint laks. Faktorer relatert til kvalitet (smak, kvalitet og holdbarhet) var høyt rangert, mens karbonavtrykk var lavere rangert. Dette viser at tinte produkter må ha minst like god kvalitet som fersk for å lykkes i disse markedene.

Betalingsvilligheten for tint laks var 30 % lavere i begge markedene. Dette kan være en stor barriere for å få næringsaktørene til å skifte fra fersk flyfraktet laks til fryst og tint laks fraktet med båt. Denne type undersøkelser har imidlertid en del svakheter. For det første er resultatene generelt en del unøyaktig, slik at disse estimatene er heftet med en del usikkerhet (Breidert et al., 2006). En annen faktor er hvordan tinte lakseprodukter som allerede eksisterer i markedet er priset, ettersom dette kan bli brukt av forbrukerne for å sammenligne pris på fersk og tint laks. Fra tidligere undersøkelser vet man eksempelvis at det selges villfanget tint laks (Coho) i Japan, som er priset 50 % lavere enn oppdrettet laks (Heide & Voldnes, 2021). En tredje faktor som kan påvirke betalingsvillighet er at man i denne undersøkelsen ikke lar forbruker se eller teste ut produktene. For å få bedre kunnskap om betalingsvillighet for tint laks bør man derfor gjøre videre undersøkelser, der man eksempelvis tester betalingsvillighet til konkrete produkter.

Conjoint-analysen viste at både japanske og amerikanske forbrukere syntes fersk laks var mer attraktivt enn tint når de skulle kjøpe oppdrettet laks i supermarked. En segmenteringsanalyse viste imidlertid at det finnes en gruppe miljøbevisste forbrukere i begge markedene som ønsket oppdrettet laks med lavt karbonavtrykk. Disse forbrukerne kjøpte dobbelt så mye fersk og fryst laks som andre forbrukere, de hadde høyest grønne forbruksverdier og tendens til eller betydelig mer miljøvennlig kjøpsadferd. Dette segmentet virker å være svært interessant som målgruppe for tint laks. Det kan være interessant å undersøke om fokus på grønne verdier, samt posisjonering av tint laks som et miljøvennlig alternativ kan gjøre at denne gruppen velger tint oppdrettet laks i fremtiden.

Den siste målsettingen var å gjennomføre blindtest av tinte og ferske lakseprodukter for å identifisere eventuelle sensoriske forskjeller. Resultatene viste at et bekvemmelighetsutvalg av norske forbrukere i Stavanger ikke oppfattet sensoriske forskjeller mellom fersk og tint laks som var servert kokt og rå. Det var heller ingen store forskjeller i hvilket produkt forbrukerne foretrakk når de skulle velge hvilket de likte best. For å verifisere resultatene bør det gjennomføres flere undersøkelser med mer representativt utvalg, samt ulike typer/kvaliteter av fersk og tint laks.

4.7 Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks (Iversen et al., 2022)

Det ble i prosjektet vurdert hvordan en ny superkjøling av laks etter slakting ville påvirke klimaavtrykk og økonomi. Ved superkjøling bevarer laksen kvalitetsfordelene til fersk fisk, kombinert med betydelig forlenget holdbarhet (Rotabakk & Lerfall, 2021). Med superkjøling mener vi hurtig kjøling av fisk ned til under 0 °C. I praksis er det ønskelig at fisken forlater slakteriet med en temperatur på mellom -0,5 °C og -1,5 °C. Dette betyr at fisken må kjøles ned fra en temperatur som gjerne ligger på 4–6 °C når fisken er slaktet. For laks som ikke superkjøles, og som transporteres med is i kasse, vil det ta cirka 1 døgn før den kommer ned i en temperatur på 0 grader (Rotabakk et al., 2014).

For hel fisk er superkjøling i saltvanns-slurry/RSW vurdert (for økonomidelen har vi også kort sett på investerings- og driftskostnadene til både kryogen- og impingementfrysing av filet). Dette ble sammenlignet med dagens løsninger for kjøling og transport av fersk hel fisk (HOG) og fersk filet. De økonomiske

vurderingene omfattet også investeringer i nødvendig utstyr for superkjøling. Det ble i rapporten lagt størst vekt på superkjøling i RSW, ettersom det er mer utbredt enn de andre metodene, slik at man begynner å få litt erfaringsdata. De viktigste fordelene ved superkjøling er de samme for alle metodene, slik som besparelser knyttet til transport, sparte kostnader til is, emballasje osv. Det vil imidlertid være noen forskjeller knyttet til investeringskostnader samt kostnader og energibruk til nedkjøling. Priser på transport og kostnader knyttet til alternative pakke- og transportmetoder ble estimert i samarbeid med oppdrettsbedrifter, utstyrproducenter og transportører.

Effekten av superkjøling kan kort oppsummeres gjennom fire fordeler: økt kvalitet og lengre holdbarhet, som oppnås med lavere klimautslipp og til lavere kostnader.

Superkjøling eliminerer behovet for is i kassene, og gir dermed rom for mer laks i hver kasse. Mer fisk i kassen reduserer transportbehovet, og gir dermed lavere energibruk og lavere kostnader til transport. Det gir også betydelig reduksjon i bruk av emballasje. Den ekstra energien som går til superkjøling er betydelig mindre enn energibruken til isproduksjon, slik at klimaeffekten er positiv. Det er imidlertid redusert mengde transport og emballasje som gir den viktigste klimaeffekten av superkjøling. Superkjøling kan redusere bruken av emballasje og transport med inntil 20 %. Det betyr at omkring 15 000 trailerlaste med laks, og like mange trailere i retur, kan tas bort fra veiene. I tillegg kommer transporten av kasser fra kassefabrikker til slakteriene. I tillegg til de økonomiske og miljømessige effektene gir dette positive effekter for trafikkikkerhet og næringens omdømme.

Superkjøling kan redusere utslippene av klimagasser knyttet til slaktning, pakking og transport til europeiske markeder med rundt 15 %. For asiatiske markeder, hvor utslippene knyttet til transport utgjør omtrent halvparten av all laksens utslipp, betyr en reduksjon på 15 % i transportutslippene at også de samlede livsløpsutslippene til laksen som går til Asia reduseres merkbart, med 7–8 %.

Superkjøling vil redusere kostnadene knyttet til pakking og distribusjon med nær 70 øre per kilo laks som går med trailertransport til Europa. Om hele norsk lakseproduksjon ble superkjølt før transport kunne næringen spart rundt 1 milliard på denne transporten. Ved flytransport er besparelsene også store: rundt 2,70 per kilo eller over en halv milliard for hele næringen.

Superkjøling og filetering i Norge. Det kanskje største potensialet for utslippsreduksjon i laksens distribusjonsskjeder ligger i at laksen foredles før eksport. Foredling i Norge gir høyere utnyttelse av restråstoffet, og eliminerer behovet for å transportere restråstoffet ut i markedene, og gir dermed lavere klimaavtrykk per kilo spiselig laks. Dette gjorde vi beregninger på i en tidligere rapport i prosjektet (Rotabakk et al., 2020), superkjøling kan gjøre denne effekten enda større.

Superkjøling eller frysing? Enda større reduksjoner enn ved superkjøling kan oppnås ved å gå over til distribusjon av fryst laks. Dette krever imidlertid arbeid for å endre forbrukernes oppfatninger om kvaliteten på frysede produkter. Det er diskutert i andre rapporter i dette prosjektet.

Superkjøling gir et bedre produkt. Selv om man skulle vurdere klimaeffekten av superkjøling som liten i den store sammenhengen, så er det et viktig poeng at man gjennom superkjøling kan levere et produkt med både høyere kvalitet og bedre holdbarhet, og at dette oppnås med reduserte utslipp og til lavere kostnader.

4.8 Konklusjon

Resultatene i dette prosjektet viser at det er fullt mulig å senke klimautslippet knyttet til transport av norsk laks. Ved å gå over til eksport av fryst laks med båt til markeder som i dag får fersk fisk transportert med fly, eller eksportere subkjølt laks til markeder som betjenes med lastebil, så kan man få store reduksjoner i klimautslipp. Subkjølt laks til Europa har også blitt vist å kunne gi store innsparinger i transport- og

emballasjekostnader. Videre er det vist at laks som fryses og tines riktig har kvalitetsegenskaper som er sammenlignbare med fersk laks. Markedsundersøkelsene viste at overgangen til fryst og tint laks ikke nødvendigvis er enkel. Det ble pekt på en preferanse for fersk fisk, samt at forbrukerne ikke var villig til å betale like mye for frossen som fersk laks, selv om norske forbrukere i en blindtest ikke klarte å skille mellom fersk og frossen/tint laks. Det finnes imidlertid et segment som ønsker mat med lavt karbonavtrykk, og dette segmentet er interessant å se videre på.

5 Hovedfunn

- De mest lovende teknologiene for forlengnet holdbarhet på laks, som kan gi lengere holdbarhet og dermed mulighet for transport med lavere miljøavtrykk er frysing og subkjøling/superkjøling.
- Det er knyttet utfordringer til innkjøpernes- og forbrukernes holdninger og betalingsvillighet ved å gå over til frossen og tint laks i markeder som i dag får fersk laks med fly, men det finnes et segment som ønsker mat med lavt klimaavtrykk som kan være interessant å se nærmere på.
- Det er klare miljømessige og økonomiske fordeler ved å gå fra dagens transport av hel fersk laks til å transportere frossen fisk med båt i stedet for fersk på fly, ved å subkjøle fisk som transporteres fersk, og ved å gå over til å transportere filet.

6 Leveranser

Rapporter:

- Bjørn Tore Rotabakk, Kristina Bergman, Friederike Ziegler, Torstein Skåra og Audun Iversen, Climate impact, economy and technology of farmed Atlantic salmon, Nofimarapport 44/2020.
- Bjørn Tore Rotabakk og Jørgen Lerfall, Konserveringsmetoder for sjømat, Nofimarapport 14/2021
- Bjørn Tore Rotabakk, Lars Helge Stien og Torstein Skåra, Tining av fryst laks, Nofimarapport 33/2021.
- Morten Heide og Gøril Voldnes, En daglivareaktørs oppfatning av konserveringsmetoder for laks, Nofimarapport 37/2021.
- Morten Heide, Aase Vorre Skuland, Bjørn Tore Rotabakk, Forbrukeroppfatninger om fersk og tint laks, Nofimarapport 12/2022.
- Audun Iversen, Friederike Ziegler og Bjørn Tore Rotabakk, Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks, Nofimarapport 21/2022.

Publikasjoner:

- Rotabakk, B.T., Stien L.H., Skåra, T., 2022, Thaw rigor in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets, as affected by thawing rate and frozen storage time, *Lwt-Food Science and Technology*, 167, Article 113793 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113793>.

Mastergrad thesis:

- Emma Vangen, The quality of thawed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets as affected by sub-chilling prior to freezing, NTNU 2022.

Foredrag og postere:

- 16.06.2021 Bjørn Tore Rotabakk, Kristina Bergman, Friederike Ziegler og Audun Iversen, "Laks, miljøvern og transport" Foredrag ved bærekraftsdagen, Temadag, Teknologisk matforum, Norge.
- 26.08.2021, Bjørn Tore Rotabakk, "Mer Miljøvennlig transport av laks?», Forskningstorget «Havbruk i samfunnet», Aqua Nor 2021, Norge.
- 23.08.2022 Bjørn Tore Rotabakk, «Ja, fisk kan transporteres mer miljøvennlig», Nofimaseminaret Fiskerimessa, Norge.
- 24.08.2022 Bjørn Tore Rotabakk, «Superkjøling; økonomiske og miljømessige besparelser», Forskertorget, Fiskerimessa, Norge.
- 19.10.2022, Audun Iversen, Friederike Ziegler, Bjørn Tore Rotabakk «Reduced footprint by processing salmon? – Economic and environmental effects of sub-chilling, freezing and filleting», Workshop on Nordic Salmon Processing, Island.
- 25.10.2022, Jørgen Lerfall, Emma R. Vangen, Bjørn Tore Rotabakk, «The quality of fresh and thawed Atlantic salmon (*Salmo salar* L) fillets as affected by sub-chilling, 1th IntER-Cold Seminar, Japan.
- 07.11.2022 Jørgen Lerfall, Emma R. Vangen, Bjørn Tore Rotabakk, «The quality of fresh and thawed Atlantic salmon (*Salmo salar* L) fillets as affected by sub-chilling, 36th EFFoST, Irland.
- 07.11.2022 Torstein Skåra, Lars Helge Stien, Bjørn Tore Rotabakk, «Effect of frozen storage time and thawing rate on thaw-rigor and quality of salmon fillets», 36th EFFoST, Irland.
- 24.01.2023 Bjørn Tore Rotabakk, Audun Iversen og Friederike Ziegler, «Reduced footprint by processing salmon? – Economic and environmental effects of sub-chilling, freezing and filleting», Minisymposium med TUMSAT, Nofima og UiS.

Nyhets saker, kronikker og div

- 2020, Bjørn Tore Rotabakk, Audun Iversen, Morten Heide, Kristina Bergman, Friederike Ziegler, Jørgen Lerfall «Mer miljøvennlig laks», Fagartikkel, Matindustrien 6/2020.

- 08.10.2020 Bjørn Tore Rotabakk, Audun Iversen, Morten Heide, Kristina Bergman, Friederike Ziegler, Jørgen Lerfall «Mer miljøvennlig laks», Nettsak Nofima (Nettsiden er fjernet).
- 24.02.2021 Bjørn Tore Rotabakk, Morten Heide, Audun Iversen, Kristina Bergman, og Friederike Ziegler, «Mer klimavennlig transport av norsk laks», Kronikk Fiskeribladet.
- 24.02.2021 Bjørn Tore Rotabakk, Morten Heide, Audun Iversen, Kristina Bergman, og Friederike Ziegler, «Mer klimavennlig transport av norsk laks», Nettsak Nofima, (Nettsiden fjernet).
- 13.03.2021 Bjørn Tore Rotabakk, Morten Heide, Audun Iversen, Kristina Bergman, og Friederike Ziegler, «Slik kan man få mer klimavennlig transport av norsk laks», Kronikk Intrafish.
- 05.04.2021 Øyvind Fylling Jensen, Bjørn Tore Rotabakk og Hans Petter Næs, «Mer miljøvennlig transport av laks», Matnyttig forskning – En podcast fra Nofima.
- 13.12.2021 Pressemelding «Ministeren tror utviklingen av superkjølt laks vil akselerere», Nofima.
- Des. 2021, Pressemeldingen ble plukket opp av ulike medier, slik som kyst.no, matogmarked.no, Altaposten, Fiskeribladet og dagligvarehandel.no.
- 30.11.2022 «1,5 milliarder å spare på laksetransport», Nyhetssak llaks.no.
- 01.12.2022 «1,5 milliarder å spare på laksetransport», Nyhetssak Nofima.no.
- 01.12.2022 «1,5 milliarder å spare på laksetransport» Pressemelding i NTB, som ble plukket opp av mange medier, slik som finansavisen.no, Radio Nordkapp, dagligvarehandel.no, kyst.no, logistikksiden.no, matogmarked.no, bomlonytt.no, nett.no, Fjordnetidene (fjt.no).
- 01.12.2022 «Nofima: Denne frysemetoden kan spare næringen for halvannen milliard kroner i transportutgifter» Intervju av Bjørn Tore Rotabakk og Audun Iversen i Intrafish.
- 02.12.2022 Intervju av Audun Iversen på NRK Trøndelag radio, med påfølgende nyhetssak på nrk.no.
- 15.12.2022 «Vil betale 30 prosent mer for fersk enn tint norsk laks», Nyhetssak Nofima.
- 31.01.2023 Audun Iversen, «Superkjøling gir spart laksetransport», Kronikk i Fiskeribladet.

7 Referanser

- Breidert, C., Hahsler, M., & Reutterer, T. (2006). A review of methods for measuring willingness-to-pay. *Innovative Marketing*, **2**:4, 8–32.
- Bronnmann, J., & Asche, F. (2017). Sustainable Seafood From Aquaculture and Wild Fisheries: Insights From a Discrete Choice Experiment in Germany. *Ecological Economics*, **142**, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.005>
- Claret, A., Guerrero, L., Aguirre, E., Rincon, L., Dolores Hernandez, M., Martinez, I., Benito Peleteiro, J., Grau, A., & Rodriguez-Rodriguez, C. (2012). Consumer preferences for sea fish using conjoint analysis: Exploratory study of the importance of country of origin, obtaining method, storage conditions and purchasing price. *Food Quality and Preference*, **26**:2, 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.05.006>
- Egeness, F.A., Heide, M., Honkanen, P., & Sogn-Grundvåg, G. (2015). Verdikjeder og kjøpskriterier i det sørafrikanske markedet for laks. Rapport 18/2015 og 34/2015, Nofima, Tromsø.
- Heide, M., Altintzoglou, T., Carlehøg, M., & Nøstvold, B.H. (2011). Franske forbrukeres oppfatning av fersk og tint filet fra torsk. Nofimarapport 49/2011
- Heide, M., & Olsen, S.O. (2017). Influence of packaging attributes on consumer evaluation of fresh cod. *Food Quality and Preference*, **60**, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.015>
- Heide, M., Skuland, A.V., & Rotabakk, B.T. (2022). Forbrukeroppfatninger om fersk og tint laks. Nofimarapport 12/2022
- Heide, M., & Voldnes, G. (2021). En dagligvareaktørs oppfatning av konserveringsmetoder for laks. Nofimarapport 37/2021
- Iversen, A., Ziegler, F., & Rotabakk, B.T. (2022). Økonomiske og miljømessige effekter av superkjøling av laks. Nofimarapport 21/2022
- Nygård, A.E.D. (2021). Fiskeriministeren har troen på superkjølt laks. *Fiskeribladet*. <https://www.fiskeribladet.no/tekfisk/fiskeriministeren-har-troen-pa-superkjolt-laks/2-1-1060011>
- Rotabakk, B.T. (2021, 24.02.2021). Mer klimavennlig transport av norsk laks. *Fiskeribladet*. <https://www.fiskeribladet.no/meninger/mer-klimavennlig-transport-av-norsk-laks/2-1-968100>.
- Rotabakk, B.T., Bergman, K., Ziegler, F., Skåra, T., & Iversen, A. (2020). Climate impact, economy and technology of farmed Atlantic salmon. Nofimarapport 44/2020.
- Rotabakk, B.T., Iversen, A., Heide, M., Bergman, K., Ziegler, F., & Lerfall, J. (2020). Mer miljøvennlig laks. *Matindustrien*, **6**.
- Rotabakk, B.T., & Lerfall, J. (2021). Konserveringsmetoder for sjømat Nofimarapport 14/2021
- Rotabakk, B.T., Stien, L.H., & Skara, T. (2022). Thaw rigor in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets, as affected by thawing rate and frozen storage time. *Lwt-Food Science and Technology*, **167**, Article 113793. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113793>
- Rotabakk, B.T., Stien, L.H., & Skåra, T. (2021). Tining av fryst laks. Nofimarapport 33/2021
- Vangen, E. (2022). The quality of thawed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets as affected by sub-chilling prior to freezing, NTNU.
- Vanhonacker, F., Pieniak, Z., & Verbeke, W. (2013). European consumer perceptions and barriers for fresh, frozen, preserved and ready-meal fish products. *British Food Journal*, **115**:4, 508–525. <https://doi.org/10.1108/00070701311317810>
- Winther, U., Hognes, E.S., Jafarzadeh, S., & Ziegler, F. (2019). Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017. SINTEF.