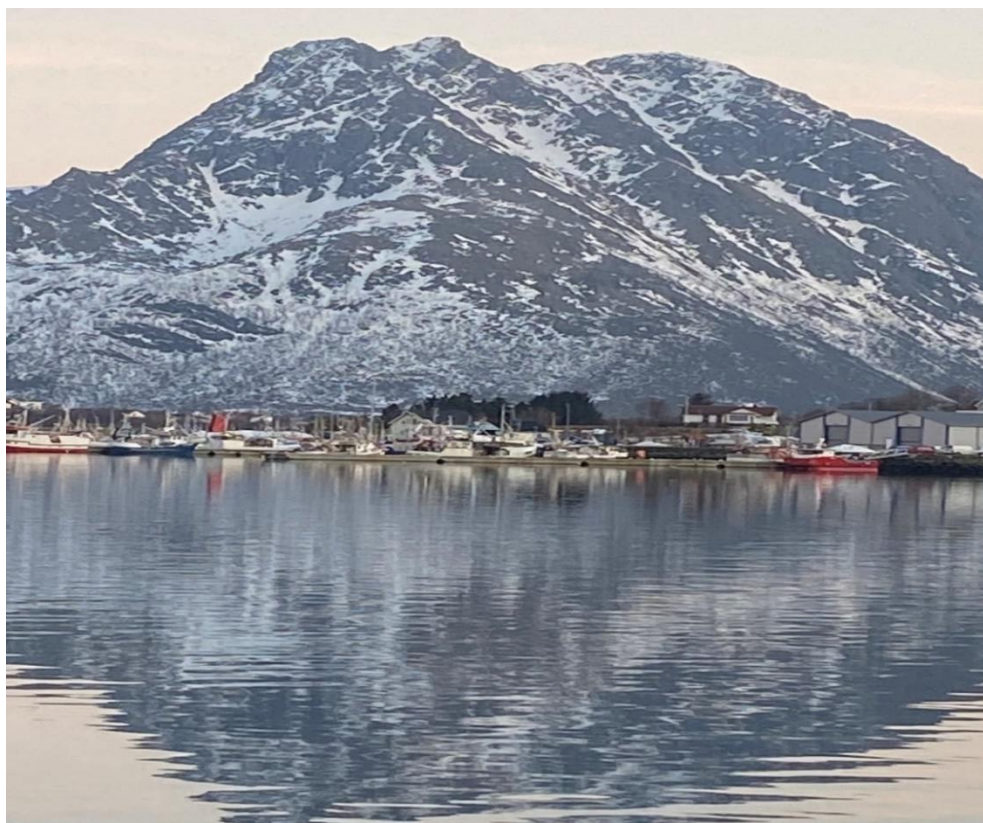




SINTEF



# Rapport

## Kartlegging og optimalisering av industrielle konsepter for refresh-produkter av hvitfisk

Refresh

### Forfatter(e):

Solveig Uglem, Eirik Starheim Svendsen, Tom Ståle Nordtvedt, Guro Møen Tveit, Kristina Widell, Marte Schei, Kirsti Greiff, Ulf Gøran Erikson, Inger Beate Standal

### Rapportnummer:

2022:00505 - Åpen

### Oppdragsgiver:

FHF – Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfinansiering

# Rapport

## Kartlegging og optimalisering av industrielle konsepter for refresh-produkter av hvitfisk

Refresh

**EMNEORD**Refresh-produkter  
Hvitfisk  
Frossen-tint  
Tint  
Kvalitet**VERSJON**

1

**DATO**

2022-05-20

**FORFATTER(E)**

Solveig Uglem, Eirik Starheim Svendsen, Tom Ståle Nordtvedt, Guro Møen Tveit, Kristina Widell, Marte Schei, Kirsti Greiff, Ulf Gøran Erikson, Inger Beate Standal

**OPPDRAGSGIVER(E)**FHF – Fiskeri og havbruksnæringens  
forskningsfinansiering**OPPDRAGSGIVERS REFERANSE**Frank Jakobsen  
901596**PROSJEKTNUMMER**

302005149

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG**

26+Bilag/vedlegg

**SAMMENDRAG**

Målet for dette prosjektet har vært å kartlegge industrielle prosesser for produksjon av refresh-produkter av hvitfisk, vurdere hvordan enkelte deler av prosessen påvirker kvalitet, og identifisere tiltak som kan settes inn for å optimalisere kvalitet og holdbarhet på sluttproduktet. Denne rapporten gir en kort oppsummering av hovedfunnene i prosjektet. Prosjektet har anvendt ulike metoder for å kartlegge kunnskapsstatus og industrielle prosesser for produksjon av refresh-produkter av hvitfisk, samt å gjennomføre industriforsøk og lagringsstudie for ulike refresh-kjeder. Både litteraturstudier og industriforsøk har identifisert viktigheten av å benytte ferskt råstoff ved produksjon av refresh-produkter av torsk. De videre prosessene handler om å bevare mest mulig av denne kvaliteten og å benytte optimale metoder for innfrysing, fryselagring og tining.

**UTARBEIDET AV**

Solveig Uglem

## SIGNATUR



Solveig Uglem (Jun 2, 2022 10:51 GMT+2)

**KONTROLLERT AV**

Cecilie Salomonsen

## SIGNATUR



Cecilie Salomonsen (Jun 2, 2022 11:46 GMT+2)

**GODKJENT AV**

Kirsti Greiff

## SIGNATUR



Kirsti Greiff (Jun 3, 2022 08:12 GMT+2)

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2022-05-20	Utkast sendt til referansegruppen
	2022-05-25	Versjon 1 godkjent av referansegruppen

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>5</b>
1.1	NORSK SAMMENDRAG .....	5
1.2	ENGELSK SAMMENDRAG .....	5
<b>2</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PROBLEMSTILLING OG FORMÅL.....</b>	<b>7</b>
3.1	EFFEKT MÅL.....	8
3.2	RESULTAT MÅL.....	8
<b>4</b>	<b>PROSJEKTGJENNOMFØRING .....</b>	<b>9</b>
4.1	METODER .....	9
4.1.1	KUNNSKAPSSTATUS.....	9
4.1.2	TINEFORSØK - TEST AV ULIKE TINEMETODER .....	9
4.1.3	INDUSTRIFORSØK OG LAGRINGSSTUDIE .....	11
	<i>Råstoff og forsøksdesign .....</i>	<i>11</i>
	<i>Analyser 12</i>	
4.1.4	EVALUERING AV KJEDER .....	13
<b>5</b>	<b>RESULTATER OG DISKUSJON .....</b>	<b>13</b>
5.1	KUNNSKAPSSTATUS .....	13
5.2	TINEFORSØK.....	15
5.2.1	Avvik fra forsøksplan .....	15
5.2.2	Vektendring under tining (drypptap) og vannbindingsevne .....	16
5.2.3	Oppsummering fra tineforsøk .....	16
5.3	INDUSTRIFORSØK OG LAGRINGSSTUDIE.....	17
5.3.1	Råvare.....	17
5.3.2	Resultater fra lagringsstudien.....	17
5.3.3	Oppsummering fra industriforsøk og lagringsstudie.....	19
5.4	Evaluerings av kjeder .....	20
5.4.1	Energibruk i fangstleddet .....	20
5.4.2	Innfrysning .....	20
5.4.3	Tining .....	23
5.4.4	Foredling, pakking og transport.....	23
5.4.5	Oppsummering fra evaluering av kjeder .....	24
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID.....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>HOVEDFUNN .....</b>	<b>25</b>

8	LEVERANSER .....	25
9	REFERANSER .....	27

BILAG/VEDLEGG

---

Klikk eller trykk her for å skrive inn tekst.

---

# 1 SAMMENDRAG

## 1.1 NORSK SAMMENDRAG

Hvitfisk-produkter som har vært fryst, lagret og tint blir solgt som "refreshed" til forbruker. Disse produktene har for lengst gjort sitt inntog i den norske dagligvarehandelen og stadig flere fiskeindustribedrifter har utviklet, eller holder på å utvikle refresh-produkter for hvitfisk. Refresh-produksjon kan gi flere fordeler knyttet til holdbarhet og mindre matsvinn, mer miljøvennlig distribusjon og lavere distribusjonskostnader, jevn og høy kvalitet og mer stabile leveranser. Målet for dette prosjektet har vært å kartlegge industrielle prosesser for produksjon av refresh-produkter av hvitfisk, vurdere hvordan de enkelte deler av prosessen påvirker kvalitet, og identifisere tiltak som kan settes inn for å optimalisere kvalitet og holdbarhet på sluttproduktet.

Prosjektet har blitt gjennomført i fire arbeidspakker (AP1 – 4). Prosjektet har anvendt ulike metoder for å kartlegge kunnskapsstatus og industrielle prosesser for produksjon av refresh-produkter av hvitfisk, samt gjennomført industriforsk og lagringsstudie for ulike refreshkjeder. Litteratursøk identifiserte at det finnes mye vitenskapelig litteratur på de enkelte delprosessene som utgjør refresh-kjeden, men svært lite på en sammensatt kjede sett i en industriell kontekst. Mye av litteraturen har også hatt fokus enten på kvalitetsaspektet ved prosessering av hvitfisk, eller fokus på termiske betingelser rundt prosessering av hvitfisk – og sjeldent en god beskrivelse av begge disse. En av leveransene i prosjektet, artikkelen "*Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish*", anser vi som et bidrag til å fylle gapet som tidligere har eksistert i forskningslitteraturen.

Oppsummert viser litteraturstudien at det er viktig å benytte råstoff av høy kvalitet i en refresh-produksjon. De videre prosessene handler om å bevare mest mulig av denne kvaliteten. Innfrysningen bør gjennomføres med høy innfrysingsrate for å forsinke forringelsesreaksjonene i fisken i høyest mulig grad. Fryselagring bør foregå ved stabil og lav temperatur da temperatursvingninger kan føre til fryse-tine-sykluser som kan påvirke blant annet tekstur, vannbinding og farge. Tining er en sårbar og tidkrevende prosess der fokus på temperatur, tid og hygiene er viktig. Ulike tinemetoder har effekt på ulike stadier av tiningen, og en kombinasjon av metoder kan være fordelaktig.

I samsvar med konklusjonene fra litteraturstudien, viste også industriforskene at råvarekvaliteten før prosessering er en viktig faktor for å få best mulig kvalitet til forbruker. Produktene basert på råstoff som ble fryst inn raskt etter fangst hadde bedre sensorisk lagringsstabilitet enn produktene som ble foredlet av trålfanget ferskt råstoff. Det bør her legges til at fisken basert på ferskt råstoff var fire dager gammel før forsøket tok til. I industriforskene ble det gjennomført både enkel og dobbelfrysing av produkter. Resultatene viser at ved å benytte råstoff av høy kvalitet, har refreshed loins fra dobbelfryst råstoff like god eller bedre kvalitet sammenlignet med islagret trålfanget torsk fire dager etter fangst. Basert på resultatene fra denne studien anbefales en holdbarhet etter opptining for vakuumpakkede refresh-produkter på 10 dager dersom det benyttes råstoff som fryses inn raskt etter fangst. Dersom det benyttes råvarer som har vært kjølelagret før videre foredling, bør holdbarheten justeres ned.

## 1.2 ENGELSK SAMMENDRAG

The concept of freeze-chilling refers to freezing of food products and frozen storage followed by thawing and chilled storage. The product is presented as "refreshed" to the consumers. This is a concept with increasing popularity, and several fish companies have developed, or are in the process of developing, white fish refresh-products.

The aim of this project was to study white fish refresh-production in an industrial setting, and to assess how different processing steps affected product quality. The project focused on identifying important factors for quality- and shelf-life optimization.

The project has been organized in four work packages (WP1 - 4). The project has used various methods to review existing knowledge of industrial processes in a refresh chain for whitefish, as well as performed experiments and shelf-life studies. A literature search conducted at the start of the project revealed that there were no available research publications providing a holistic overview of the entire industrial refresh-chain. The literature either focused on quality, or on available technologies for freezing, storage, or thawing. The paper written in the project "*Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish*" is an important contribution to fill the gap that has previously existed in the research literature.

In summary, the literature review showed the need for fresh raw material and proper handling to maintain quality when producing refresh-products. Fast freezing methods are recommended to prevent quality changes in the fish muscle. Further, during frozen storage low and stable temperatures are recommended, as temperature fluctuations can lead to freeze-thaw cycles that have negative impact on sensory and chemical aspects of the products (e.g texture, water holding capacity and color). Thawing is a time-consuming process where focus on temperature, time and hygiene is important, for which a combination of different thawing methods can be beneficial.

The industrial tests conducted in the project also showed that fresh raw material was important to maintain quality when producing refresh-products. During the industrial tests, single- and double frozen products were compared to fresh. The samples were evaluated based on for instance sensory evaluation, drip loss, and microbiology. Freeze-chilled samples made from frozen raw material showed better sensory stability during storage compared to samples from fresh raw material. The raw material used for the fresh and single-frozen products was trawl caught HG-fish that had been stored on ice for four days before processing and the start of the industrial tests. The results showed that by using high-quality raw material, refreshed loins from double-frozen raw material had the same or better quality compared with cod processed four days after capture (fresh or single frozen). Considering all parameters, including the evaluation of sensory and microbial quality, a shelf life of the freeze-chilled loins during chilled storage of 10 days is obtainable if the raw material are frozen immediate upon catch. If the fish has been stored on ice before processing, the shelf life should be justified based on the age of the raw material.

## 2 INNLEDNING

Hvitfisk-produkter som har vært fryst, lagret og tint blir solgt som "Refreshed" produkt til forbrukerne. Disse produktene har for lengst gjort sitt inntog i den norske dagligvarehandelen og stadig flere fiskeindustribedrifter har utviklet, eller holder på å utvikle refresh-produkter av hvitfisk. Konseptet refreshed, som også er kjent som frozen-fresh eller frossen-tint, er et konsept bestående av tre delprosesser; frysing, lagring og tining. Med refreshed-produksjon kan man mene to forskjellige prosesser:

- Fryst råstoff tines hos foredlingsbedriften, prosesseres og pakkes i MAP, skinpack eller vakuum.
- Konsumentforpakninger av hvitfiskfilet som fryses inn ved foredlingsbedriften, transporteres og tines nært utsalgsstedene.

Refresh-produksjon kan gi flere fordeler knyttet til holdbarhet og mindre matsvinn, mer miljøvennlig distribusjon og lavere distribusjonskostnader, jevn og høy kvalitet og mer stabile leveranser. Fiske etter kommersielle arter som torsk er sesongbasert. Hovedtyngden av volumet blir landet i løpet av årets første måneder i perioden januar til april. Sesongvariasjonene skaper utfordringer for ferskfiskindustrien som er avhengig av jevn produksjon. Markedet ønsker stabile leveranser slik at forbrukerne kan tilbys torsk hele

året. En løsning på dette er å fryse fisken i høysesong for deretter å tine og selge "Refresh"-produkter utenfor sesong.

I dag er refresh-produkter kjent for å være av høy kvalitet. Skal det satses ytterligere på en slik produksjon, er det avgjørende at den beste teknologien og produksjonskonseptene blir benyttet. Fersk selvangstet fisk eller fisk som man kjøper direkte fra fisker har selvsagt den ideelle kvaliteten så lenge den har blitt optimalt behandlet. Men, med utgangspunkt i råstoff av høy kvalitet og god kunnskap om innfrysing, lagring og tining kan man også produsere tinte produkter av høy kvalitet også utenom høysesong.

Prosjektet har inkludert:

- 1) Kartlegging av kunnskapsstatus for refresh-produksjon. Denne delen av prosjektet har omfattet litteraturstudie og kartlegging av metoder og kjeder som anvendes av industri. En review-artikkel *Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish* er publisert i *Journal of Food Engineering*
- 2) Gjennomføring av tineforsøk og industriforsøk for å undersøke variasjon i kvalitet mellom ulike produksjonskjeder i en refreshproduksjon. Resultatene er oppsummert i rapporten "Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk" og i en konferanseartikkel "*The effect of freeze-chilling on quality changes of cod loins (Gadus morhua) during chilled storage*" at the 7th IIR conference on Sustainability and the Cold Chain
- 3) Med bakgrunn i resultatene fra litteraturgjennomgangen og industriforsøkene, er det utarbeidet en veileder til næringen.
- 4) Variasjoner i energibruk og andre næringsrelevante aspekter mellom de ulike kjedene er også evaluert og presenteres i denne rapporten.

Prosjektets omfang har inkludert refresh-produksjon av hvitfisk i Norge, med fokus på torsk. Det har videre vært søkelys på innfrysing og tining av vakuumpakkede torskeloins, samt tining av råvarer på anlegg og hos tredjepart før produktet når forbruker.

Prosjektet har hatt en referansegruppe med representanter fra Lerøy Norway Seafoods, Båtsfjordbruket, Gamvik Holding AS (tidl. Norwegian Fish Company AS), PRIMEX, FHF og SINTEF Ocean. Forsøkene i prosjektet har i sin helhet blitt gjennomført hos en av industripartnerne i prosjektet og SINTEF Ocean. SINTEF Ocean har hatt prosjektledelsen.

### 3 PROBLEMSTILLING OG FORMÅL

Målet for prosjektet har vært å kartlegge industrielle prosesser for produksjon av refresh-produkter av hvitfisk, vurdere hvordan de enkelte deler av prosessen påvirker kvalitet, og identifisere tiltak som kan settes inn for å optimalisere kvalitet og holdbarhet på sluttproduktet.

Delmål:

- 1) Utarbeide en kunnskapsstatus i forhold til relevante forskningsresultater for refresh-produksjon.
- 2) Vurdere hvordan kvalitet og holdbarhet påvirkes av innfrysings- og tinemetoder
- 3) Identifisere eventuelle forskjeller i kvalitet og holdbarhet mellom:
  - Pakking og frysing av konsumentforpakninger som tines og datostemples i grossistkjede eller butikk.
  - Tining av blokker eller IQF (Individual Quick Frozen) og pakking av konsumentforpakninger nært markedet.
- 4) Utarbeide en veiledning for refresh-produksjon for næringen.



### 3.1 EFFEKT MÅL

Refresh-produksjon kan gi flere fordeler knyttet til holdbarhet og matsvinn, mer miljøvennlig distribusjon og lavere distribusjonskostnader, jevn og god kvalitet samt mer stabile leveranser. Fiske etter kommersielle arter som torsk er sesongbasert. Hovedtyngden av volumet blir landet i løpet av årets første måneder i perioden januar til april. Sesongvariasjonene skaper utfordringer for ferskfiskindustrien som er avhengig av jevn produksjon. Markedet ønsker stabile leveranser slik at forbrukerne kan tilbys torsk hele året. En løsning er å fryse fisken i høysesong for deretter å tine og selge refresh-produkter utenfor sesong. For næringen er det svært nyttig om en refreshed-produksjon erstatter noe av ferskfisk-distribusjonen fordi refresh-produksjon kan jevne ut produksjonstoppene.

I dag eksporteres en stor andel av fisken som hel fisk ut av Norge. Fiskerinæringen har uttrykt et ønske om mer foredling innenlands fremfor å eksportere fisk ubearbeidet. Fryst distribusjon vil gjøre det enklere logistikkmessig i og med at man vil ha bedre tid til transport. Samtidig kan det bidra til å flytte deler av transporten med fly over til båt siden man har bedre tid på å gjennomføre transporten. Dette vil også ha miljømessige fordeler.

En økt andel av refresh-produkter i butikk vil gi forbrukeren økt tilbud av hvitfisk med god kvalitet hele året, noe som igjen vil kunne bidra til å øke sjømatkonsumet.

### 3.2 RESULTAT MÅL

Prosjektet har i stor grad lyktes med å nå de satte mål, men med noe redusert måloppnåelse på grunn av endringer i forutsetningene for gjennomføring av industriforsøkene. Dette kapitlet redegjør i korte trekk måloppnåelsen for hvert delmål.

#### Delmål 1:

Litteratursøk identifiserte at det finnes mye vitenskapelig litteratur på de enkelte delprosessene som utgjør Refresh-kjeden, men svært lite på en sammensatt kjede sett i en industriell kontekst. Mye av litteraturen har enten hatt fokus på kvalitetsaspektet ved prosessering av hvitfisk, eller fokus på termiske betingelser rundt prosessering av hvitfisk – og sjeldent en god beskrivelse av begge aspekter i samme artikkel. Dette kan sees på som naturlig, da forfattere enten har faglig bakgrunn i den ene eller andre leiren, men det er ofte problematisk fordi disse to aspektene henger sammen. Foruten informasjon fra vitenskapelig litteratur ble det også innhentet informasjon via samtaler med aktører i næringen. En av leveransene i prosjektet var den vitenskapelige artikkelen, "*Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish*" som kan anses som et bidrag til å fylle gapet som tidligere har eksistert i forskningslitteraturen.

#### Delmål 2 og 3:

Covid-19 har medført at gjennomføringen av deler av prosjektet har blitt utsatt og endret underveis. Det var planlagt å benytte samme råstoff til alle kjeder for å utelukke forhold som kan påvirke endelig kvalitet og holdbarhet, men dette var ikke praktisk gjennomførbart. Kjeden basert på fryst råstoff er derfor av annen opprinnelse enn de to kjedene basert på ferskt råstoff. Det var også planlagt å studere to ulike industrielle tinemetoder, men på grunn av uforutsette hendelser var kun den ene tinemetoden tilgjengelig på forsøksstidspunktet. Resultatene fra forsøkene er oppsummert i en egen rapport "*Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk – Refreshed*" og i konferanseartikkelen "*The effect of freeze-chilling on quality changes of cod loins (Gadus morhua) during chilled storage*" som ble presentert på International Cold Chain Conference i 2022. Videre er det også utarbeidet en veileder til næringen basert på resultatene fra forsøkene og litteraturstudiene.

## 4 PROSJEKTGJENNOMFØRING

Prosjektet har blitt gjennomført i fire arbeidspakker (AP1 – 4). Prosjektet har anvendt ulike metoder for å kartlegge kunnskapsstatus og industrielle prosesser for produksjon av refresh-produkter av hvitfisk, samt å gjennomføre industriforsøk og lagringsstudie for ulike refresh-kjeder.

### 4.1 METODER

#### 4.1.1 KUNNSKAPSSTATUS

En tverrfaglig forskergruppe samlet inn informasjon på relevante termiske prosesseringsmetoder og kvalitet på hvitfisk under prosessering. For å spisse innsamlingen ble informasjonen hentet inn på følgende delområder:

- Kvalitet
  - Startkvalitet som alder, størrelse og sesong
  - Fangst og fangstredskaper
  - Holdbarhet
- Prosesser – metoder og innvirkning på kvalitet
  - Innfrysing
  - Fryselagring
  - Tining
  - Kjølelagring
  - Emballering

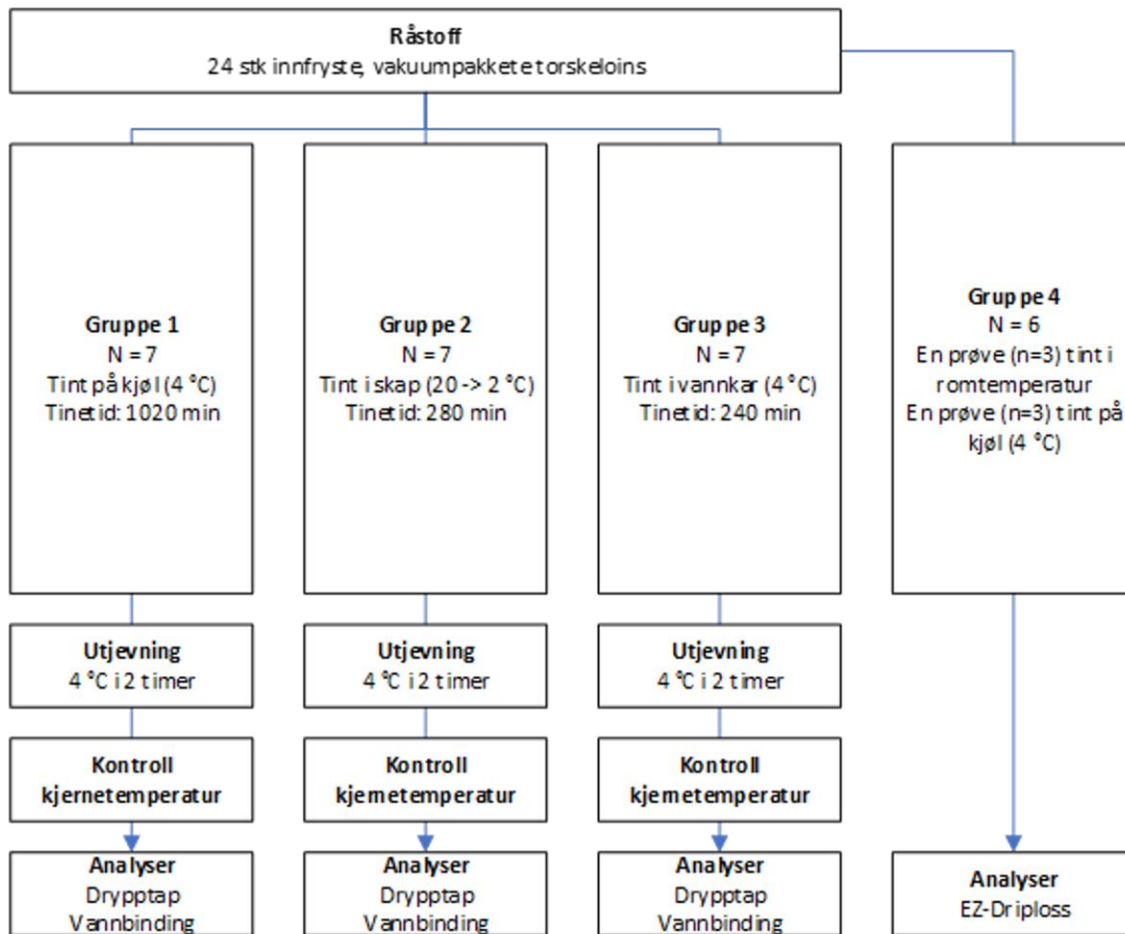
Informasjon ble hentet inn både fra forskningslitteratur og fra samtaler med aktører i næringen. Sistnevnte ble gjennomført som samtaler der utvalgte hvitfiskprodusenter fikk tilsendt et spørreskjema som lå til grunn for samtalen. Resultatene fra samtalen ble oppsummert i et internt notat som var med på å danne grunnlag for deler av innholdet i de påfølgende arbeidspakkene.

Litteratursøket ble gjennomført i en stegvis prosess, der første steg var å utføre et bredt søk på informasjon for hvert delområde, via søkemotorer som Google Scholar og journaler som forskergruppen hadde tilgang til. I tillegg ble noe teori hentet fra velkjente fagbøker innenfor hvert fagområde. Deretter ble hver liste kvalitetssjekket og redusert, det vil si at artiklene måtte være fagfellevurderte og omhandle hvitfiskarter. Unntak ble gjort på områder der tilgjengelig informasjon var mangelfull. Artikkelen ble sendt til *Journal of Food Engineering* og godkjent for publisering der.

#### 4.1.2 TINEFORSØK - TEST AV ULIKE TINEMETODER

I forkant av industriforsøk ble det vurdert hensiktsmessig å gjennomføre tineforsøk for å sikre nødvendig kunnskap på effekten av ulike tinemetoder og metoder for drypptap-analyser. Denne kunnskapen skulle bedre grunnlaget for å sette opp et robust forsøksdesign til industriforsøket. En detaljert gjennomgang av tineforsøkene som ble gjennomført er beskrevet i rapporten "*Tineforsøk på loins*", og det henvises til denne rapporten for en fullstendig oversikt over metoder og resultater.

I tineforsøket ble effekten av ulike tinemetoder på drypptap og vannbindingsevnen i vakuumpakkede torskeloins undersøkt. Foruten å måle effekten av dette var hensikten å definere tineprogram som skulle benyttes under industriforsøket. Figur 1 viser en oversikt over forsøksplanen.



Figur 1. Forsøksplanen for tineforsøkene

### Tinemetoder

- **Tining på kjølerom** "over natt" ved 4°C. Metoden illustrer en vanlig metode for tining i sluttmarkedet (tining under kjøletransport, ved distribusjonssenter eller i butikk).
- **Tining i klimaskap.** Tineskapet ble programmert med en starttemperatur på 20°C som ble redusert til 2°C lineært i tinetiden som var på 4 timer og 40 minutter. Sammenlignet med tining på kjøll kan denne metoden potensielt gi fordeler som redusert tinetid, samt ha en positiv effekt på drypptap.
- **Tining i RSW.** Produktene ble tint i sirkulerende sjøvann ved 4°C i 4 timer før utjevning på kjøll i ytterligere 2 timer ved ca. 4 °C. Sammenlignet med lufttining gir tining i vann bedre betingelser for varmeoverføring, som igjen gir reduserte tinetider.

### Analyser

- **Drypptap:** For gruppe 1-3 ble det gjennomført drypptapsanalyser. Drypptap ble definert som vektendring i loins før og etter tineprosedyren og beregnet som:
  - $\%Vektendring = \frac{Sluttvekt - Startvekt}{Startvekt} \cdot 100\%$
- **Vannbindingsevne:** For gruppe 1-4 ble det gjennomført analyse av vannbindingsevne etter veletablert metode av Børresen (1980)
- **Temperaturmålinger:** Det ble for hver gruppe målt omgivelsestemperatur under tineprosessen, samt det ble gjennomført måling av kjernetemperatur ved bruk av innstikkstermometer for å verifisere hvorvidt tiningen var fullført
- **EZ-Driploss:** For gruppe 4 ble det gjennomført drypptapsanalyse med alternativ metode.

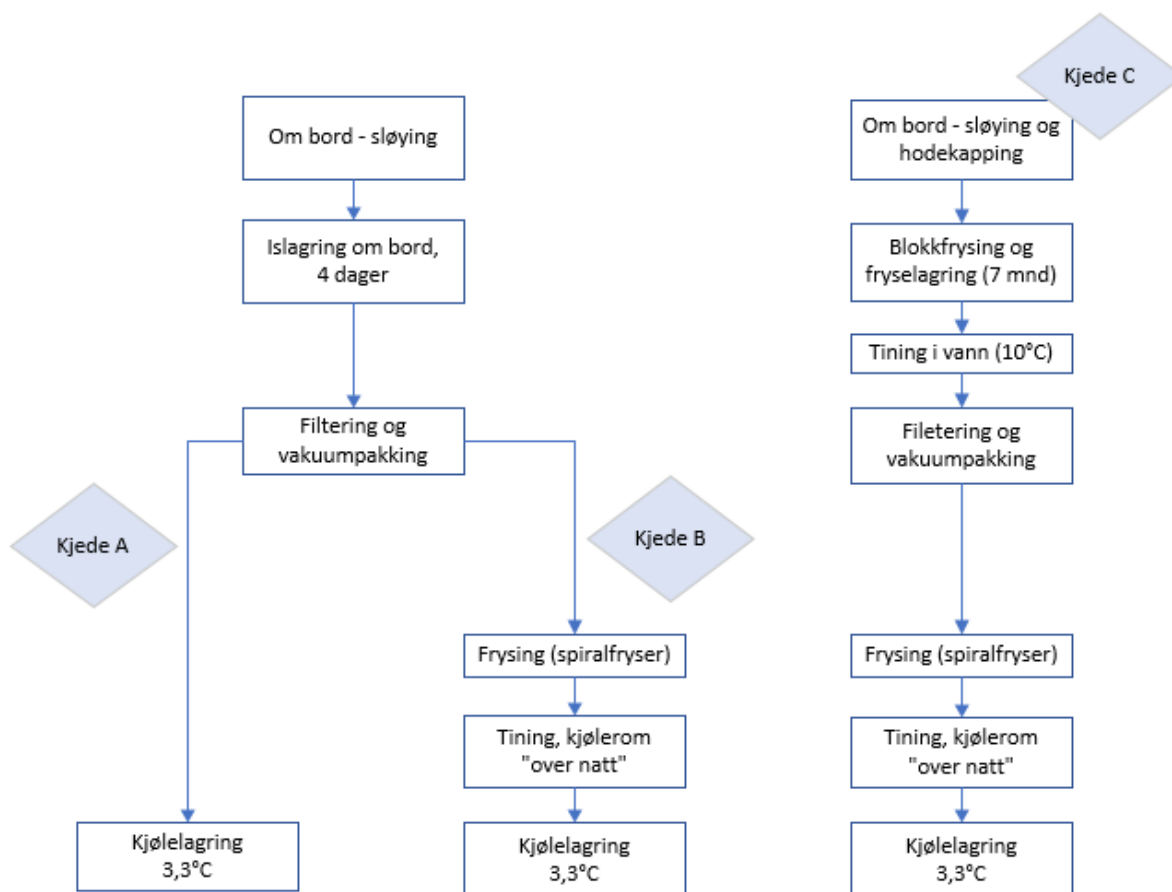
### 4.1.3 INDUSTRIFORSØK OG LAGRINGSSTUDIE

Industriforsøkene og lagringsstudien ble gjennomført i samarbeid med industribedriften. En detaljert beskrivelse av metodene som ble benyttet i forsøkene er beskrevet i rapporten "Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk – Refreshed". Det henvises til denne for fullstendig beskrivelse av metoder.

#### Råstoff og forsøksdesign

Forsøket inkluderte tre ulike kjeder (A – C), illustrert i Figur 2. Kjede A og B var basert på ferskt råstoff av torsk fangstet med trål i oktober. Kjede C var basert på sløyd, hodekappet torsk som ble fryst inn i blokk om bord i januar, fryselauret og tint industrielt før videre prosessering.

- **Kjede A** var en kontrollkjede der fersk fisk ble filetert, porsjonert, pakket i forbrukerpakninger og kjølelagret i 14 dager.
- **Kjede B**, representerer en enkeltfryst refresh-kjede hvor det ble benyttet samme råstoff som i kjede A. Produktet ble fryst inn i forbrukerpakning og tint før videre kjølelagring i 14 dager.
- **Kjede C** representerer en dobbeltfryst refresh-kjede. Hel fisk ble blokkfrosset om bord og tint før den ble filetert, porsjonert, pakket i forbrukerpakninger og frosset inn på nytt. Som i kjede B ble produktet tint før kjølelagring og gjennomføring av lagringsstudie på kjøll i 14 dager.



Figur 2: Kjeder og prosesseringstrinn i forsøket

## Analyser

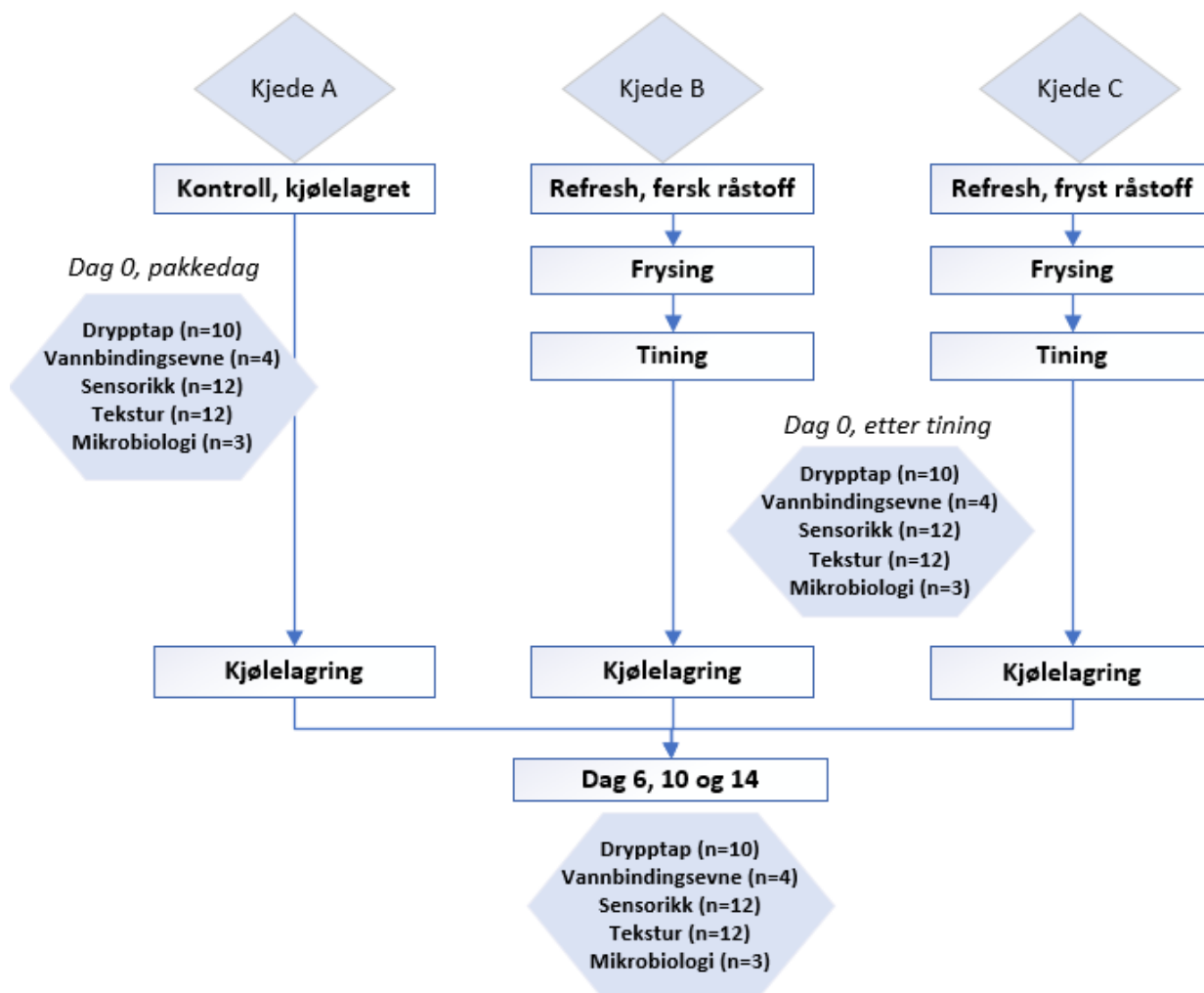
Temperaturforløpet ble logget gjennom innfrysingen og tiningen ved hjelp av knappeloggere (iButton) som ble plassert i bunnen av fem konsumentforpakningene for kjede A og B (refresh-kjedene). Omgivelsestemperaturen i kjølerommet der prøvene ble oppbevart gjennom lagringsstudien ble logget ved hjelp av knappeloggere.

Følgende analyser ble gjennomført i lagringsstudien:

- Sensorisk vurdering av lukt, farge, gaping og konsistens på rå loins (n=12)
- Drypptap (n=10)
- Tekstur (n=12)
- Mikrobiologiske analyser av totalkim og H<sub>2</sub>S-produserende bakterier (n=3)
- Vannbindingsevne (n=4)
- *Kjemiske analyser av vann, protein, fett og totalt flyktig nitrogen\**
- *NMR (kjernemagnetisk resonans)\**

\*Resultater fra analysene i kursiv er ikke gjengitt i denne rapporten

Uttakene i forbindelse med lagringsstudien ble gjennomført hos SINTEF Ocean, slik Figur 3 viser. For produktene i kjede A (kontrollkjeden) er dag 0 satt til pakketidspunktet, cirka fire døgn etter fangst. For produktene i refresh-kjedene (kjede B og C) er dag 0 satt til 16 timer etter tiningen startet. Deretter ble prøver fra alle tre kjedene analysert etter 6, 10 og 14 dagers kjølelagring ved 3,3±0,5°C.



Figur 3: Figuren viser uttak og analyser i forsøket

#### 4.1.4 EVALUERING AV KJEDER

En evaluering av de ulike kjedene for refresh-produksjon har blitt gjennomført med hensyn på energibruk. For å gjennomføre evalueringen ble informasjon hentet inn fra forskningslitteratur og tilgjengelig data fra utstyrsleverandører. I de tilfeller hvor det ikke var mulig å hente inn eksakte verdier på energibruk (dette er generelt lite tilgjengelig i litteraturen og svært avhengig av systemsammensetning og prosess) ble det utført egne beregninger. I tillegg til energibruk ble det gjort andre betraktninger som er relevante for sammenligning av kjedene, inndelt i de ulike fasene av produksjonskjedene.

## 5 RESULTATER OG DISKUSJON

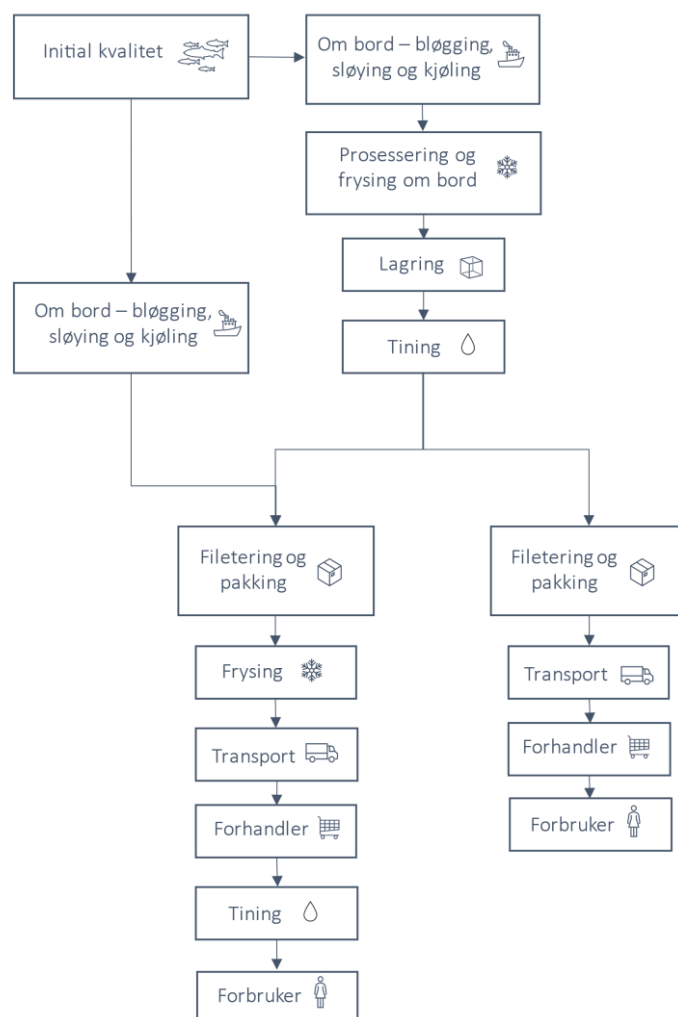
### 5.1 KUNNSKAPSSTATUS

Resultatene er gitt i reviewartikkelen *Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish*<sup>1</sup> som er publisert i *Journal of Food Engineering*. I tillegg er hovedfunnene fra artikkelen oppsummert i ett faktaark<sup>2</sup> publisert på FHF.no. Det henvises til disse for fullstendig oversikt på kunnskapsstatus, mens dette kapitlet oppsummerer utvalgte funn.

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110803>

<sup>2</sup> <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901596>

Refresh-produkter forstås i denne sammenheng som fisk som har vært gjennom minst en runde med innfrysning-opptining før den er tilgjengelig for forbruker (Figur 5).



Figur 5: Ulike produksjonskjeder for refresh-produkter, inkludert de ulike faktorene og prosesstrinnene som påvirker den endelige produktkvaliteten

Figur 5 viser eksempel på tre ulike Refresh-kjeder. Utgangspunktet er ferskt eller frosset råstoff, etterfulgt av filetering, porsjonering og pakking. Frosset råstoff tines industrielt før videre foredling. Konsumproduktet distribueres enten direkte til forhandler for å legges ut til salg, eller gjennomgår en ny runde med innfrysning-opptining før distribusjon. Hvilken kjede som blir tatt i bruk, vil legge praktiske betingelser på valg av tine- og innfrysningsmetoder, og uavhengig av kjede er det viktig å ha kunnskap på følgende punkter for å ivareta god kvalitet på det endelige produktet:

- Startkvalitet og effekt av fangstmetode
- Valg av innfrysningsmetode
- Gjennomføring av fryselagring
- Valg av tinemetode
- Pakking og kjølelagring
- Holdbarhet

Det er svært viktig at utgangspunktet for produksjonen starter med råstoff av høy kvalitet. Kvaliteten vil aldri være høyere enn hva den er idet fisken trekkes opp av havet, og alt som skjer derfra og frem til forbruker handler om å bevare mest mulig av denne kvaliteten. Generelt kan det sies om hvert steg:

- Innfrysning bør gjennomføres med høy innfrysingsrate for å forsinke forringelsesreaksjonene i fisken i høyest mulig grad.
- Fryselagring bør foregå ved stabil temperatur da temperatursvingninger kan føre til fryse-tine-sykluser i fiskekjøttet som kan påvirke blant annet tekstur, vannbinding og farge. Studier viser også at lavere temperatur på fryselager (-35 °C) kan være et gunstig utgangspunkt med balanse mellom gevinst på kvalitet, holdbarhet og energikostnader
- Tining er en sårbar og tidkrevende prosess. Den må gjennomføres kontrollert med fokus på temperatur, tid og hygiene. Ulike tinemetoder har effekt på ulike stadier av tiningen, og en kombinasjon av metoder kan være fordelaktig
- Valg av emballasje bør vurderes med samme standard som for fersk fisk. Pakking i modifisert atmosfære (MAP) gir en holdbarhet på 2-3 uker. Når i kjeden produktet pakkes har innvirkning på fryse- og tineprosessene. Innpakket produkt tar lengre tid å fryse inn, men er gunstig for å hindre uttørking og fryseskader.

Et annet funn under arbeidet var at det er svært lite forskningslitteratur som har sett på refresh-produksjon av fisk i en helhetlig og industriell kontekst. På noen områder (av kjeden) eksisterer det mer litteratur enn andre, og på de fleste områder er litteraturen dominert av teoretiske studier og laboratoriestudier. Artikkelen som er levert i denne arbeidspakken anses å fylle dette hullet i tilgjengelig forskningslitteratur.

I tilknytning til artikkelen i Refresh-prosjektet har prosjektgruppen også publisert artikkelen "*Freeze-Chilling of Whitefish: Effects of Capture, On-Board Processing, Freezing, Frozen Storage, Thawing, and Subsequent Chilled Storage - A Review*" i journalen "*Foods*". Denne artikkelen ble finansiert av SINTEF Ocean.

## 5.2 TINEFORSØK

Resultatene fra tineforsøk er beskrevet detaljert i rapporten "Tineforsøk i loins" og det henvises til denne for fullstendig oversikt. Dette kapitlet er en kort oppsummering over utvalgte resultater.

### 5.2.1 Avvik fra forsøksplan

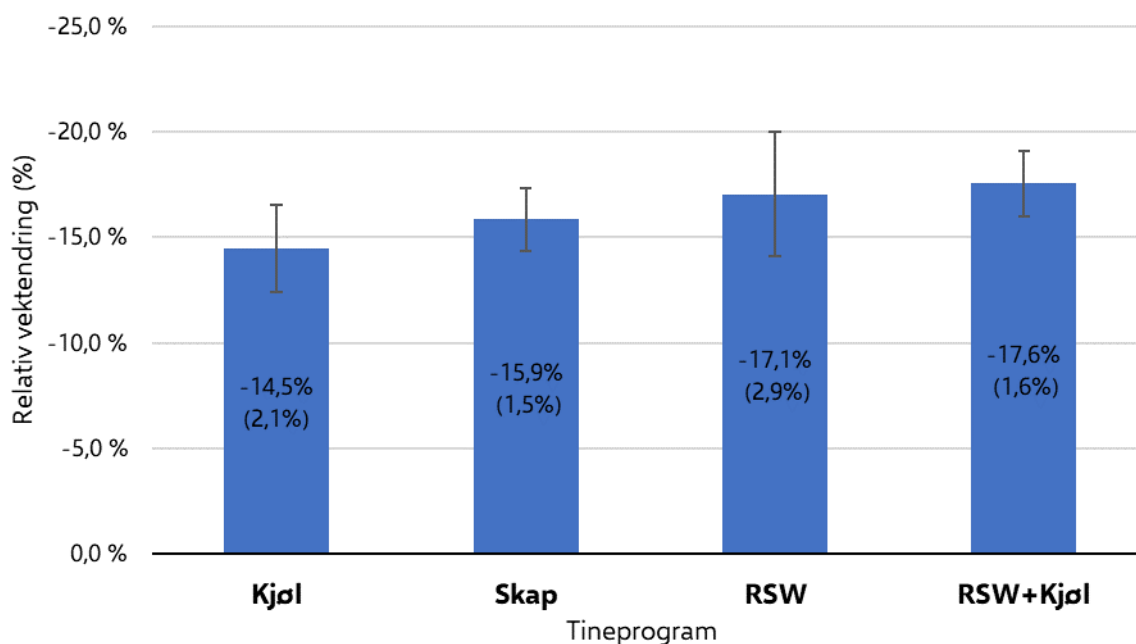
Under tineforsøkene ble det registrert en rekke avvik fra forsøksplanen som ble vurdert til å ha stor innvirkning på de påfølgende analysene. For gruppe 2 (tining i skap) evnet ikke skapet å følge programmert tid-temperatur-kurve, og prosedyren ble avsluttet med 18 timer ekstra tining på kjølerom. For gruppe 3 (tining i vannbad) ble det avdekket svakheter i sveisen på vakuumpakningen som gjorde at mange av prøvene måtte kasseres. Denne gruppen ble ytterligere splittet i 2: RSW og RSW+kjøøl, hvor førstnevnte gruppe avsluttet sitt tineforløp med utjevning i vannkaret. De nye gruppene som ble brukt i påfølgende analyser, inkludert deskriptiv statistikk, ble som følger:

Tabell 1: Tabellen viser gjennomsnittlig vekt ( $\pm$ SD), samt temperatur i de ulike gruppene i forsøket

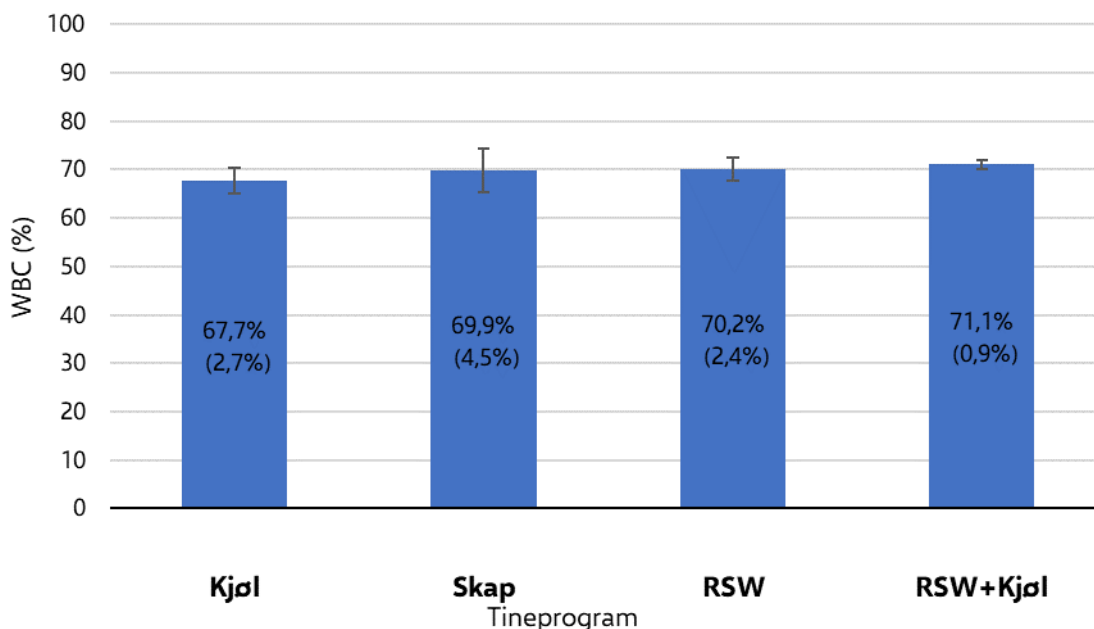
Gruppe	Startvekt uåpnet (g)	Tørr filet (g)	Kjernetemperatur (°C)
1 - Kjøøl (n=7)	419,0 $\pm$ 7,8	343,8 $\pm$ 7,7	2,7 $\pm$ 1,8
2 - Skap (n=7)	416,6 $\pm$ 14,5	335,9 $\pm$ 12,5	3,8 $\pm$ 0,3
3.1 - RSW (n=2)	423,9 $\pm$ 24,9	336,5 $\pm$ 8,4	4,6 $\pm$ 0,6
3.2 - RSW & kjøøl (n=2)	417,8 $\pm$ 18,3	330,1 $\pm$ 8,4	4,2 $\pm$ 0,1
Hele settet	418,5 $\pm$ 12,5	338,4 $\pm$ 10,4	3,5 $\pm$ 1,3



## 5.2.2 Vektendring under tining (drypptap) og vannbindingsevne



Figur 6: Figuren viser den relative vektendringen sortert etter tineprogram. En-veis ANOVA viste ingen signifikant forskjell mellom gruppene ( $F[3,14]=1,99$ ,  $p=0,162 > 0,05$ ).



Figur 7: Figuren viser resultatene fra vannbindingsanalysene sortert etter tineprogram. En-veis ANOVA viste ingen signifikant forskjell mellom gruppene ( $F[3,14]=0,78$ ,  $p=0,52 > 0,05$ ).

## 5.2.3 Oppsummering fra tineforsøk

På grunn av avvik fra forsøksplan ble forskjellen mellom tineprosedyrene så små at det var vanskelig å skulle måle endring i effekt på drypptap og vannbinding. Sett i perspektiv at forsøket skulle generere kunnskap i

forkant av industriforsøket ble det derimot vurdert som svært nyttig, og det ble dannet mye lærdom på både analysemetoder og et mye bedre utgangspunkt for definering av tineprogram (temperatur og tider).

### 5.3 INDUSTRIFORSØK OG LAGRINGSSTUDIE

Resultatene fra industriforsøkene og lagringsstudien er oppsummert i en egen rapport "*Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk*" publisert på fhf.no og i konferanseartikkelen "*The effect of freeze-chilling on quality changes of cod loins (Gadus morhua) during chilled storage*" som ble presentert på The 7th International Cold Chain Conference som ble arrangert i 2022. Det henvises til rapporten for fullstendig beskrivelse av resultatene. Dette kapitlet oppsummerer utvalgte funn.

#### 5.3.1 Råvare

Råstoffet til kjede C, som var basert på fryst råstoff, var av en annen opprinnelse enn de to kjedene basert på ferskt råstoff, kjede A og B. Råstoffet til kjede C var blokkfrosset om bord på båten og ble tint industrielt før videre foredling, mens råstoffet til kjede A og B var iset om bord i fire dager før videre foredling. Råstoffet til kjede C var fangstet i januar, mens fisken som ble brukt i kjede A og B ble fangstet i oktober. Råstoffet som ble analysert i denne studien representerer en reell situasjon på landanlegg. Ved en refresh-produksjon kan sluttproduktet være dobbeltfryst dersom fisken blir fryst inn om bord like etter fangst (på trålfartøy) og tint industrielt på landanlegget før videre foredling. Råstoffet kan også bli fangstet om bord på et trålfartøy som har fylt opp fryseren og som går over til å fangste fersk fisk i noen dager før de går inn til land for å levere (trålfanget "fersk").

#### 5.3.2 Resultater fra lagringsstudien

I dette prosjektet ble det gjennomført ulike kvalitetsanalyser av både enkel- og dobbeltfryste vakuumpakkede torskeloins. Resultatene viser at ved å benytte råstoff av høy kvalitet har vakuumpakkede refreshed loins fra dobbeltfryst råstoff like god eller bedre kvalitet sammenlignet med islagret trålfanget torsk fire dager etter fangst.

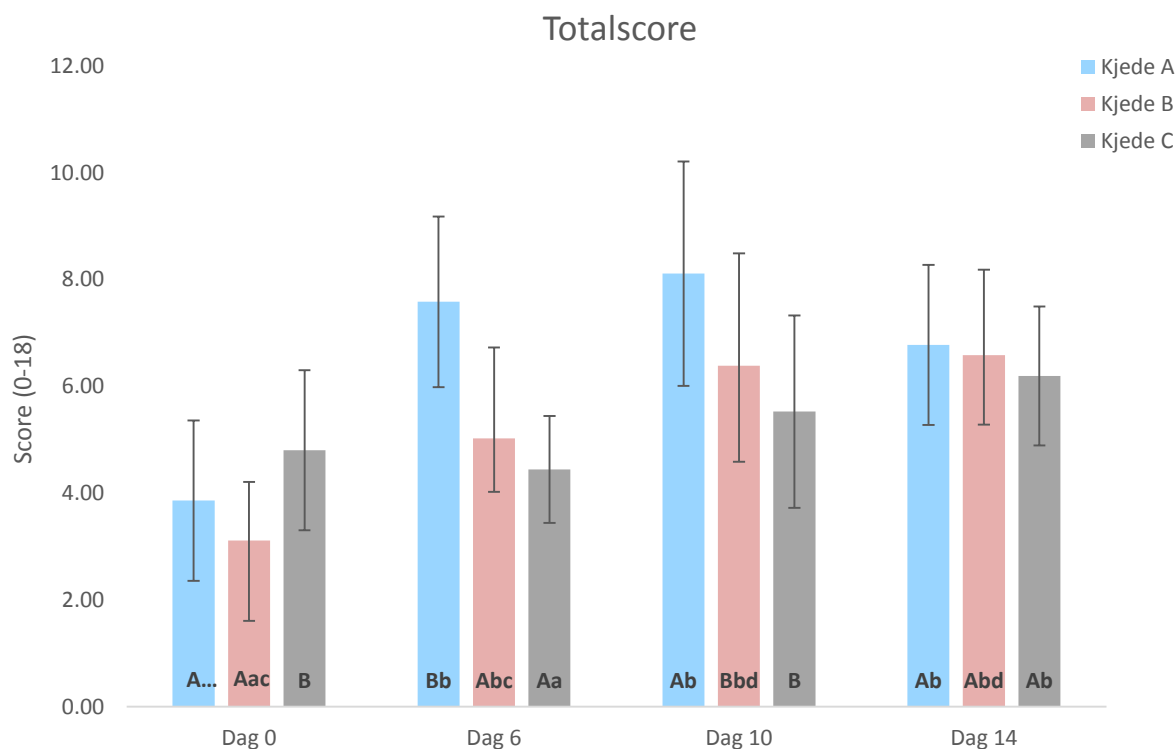
Tabell 2: Tabellen viser drypptap (%) og vannbindingsevne (%) for de ulike kjedene og uttaksdagene

	Ferskt råstoff			Fryst råstoff
	Uttaksdag	Kjede A	Kjede B	Kjede C
Drypptap (%) (n=10)	0	na	4.4±1.6 <sup>A</sup>	12.0±1.4 <sup>B</sup>
	6	2.8±1.2 <sup>A</sup>	5.2±2.2 <sup>B</sup>	13.8±1.6 <sup>C</sup>
	10	2.9±0.9 <sup>A</sup>	5.7±1.1 <sup>B</sup>	12.0±1.5 <sup>C</sup>
	14	3.1±0.9 <sup>A</sup>	4.8±1.1 <sup>B</sup>	12.1±1.8 <sup>C</sup>
Vannbindingsevne (%) (n=4)	0	92.3±2.3 <sup>Aa</sup>	86.7±1.2 <sup>B</sup>	65.6±2.2 <sup>Ca</sup>
	6	95.8±2.0 <sup>A</sup>	86.3±2.8 <sup>B</sup>	67.1±4.6 <sup>C</sup>
	10	97.3±2.3 <sup>A<sup>b</sup></sup>	95.9±1.5 <sup>A</sup>	68.9±1.6 <sup>B</sup>
	14	95.0±2.4 <sup>A</sup>	90.0±3.7 <sup>A</sup>	78.8±8.3 <sup>Bb</sup>

*Ulike store bokstaver (A, B, C) viser signifikante forskjeller mellom de ulike kjeder på samme uttaksdag (p<0,05). a, b, c viser signifikante forskjeller innad i kjeden gjennom lagringstiden (p<0,05).*

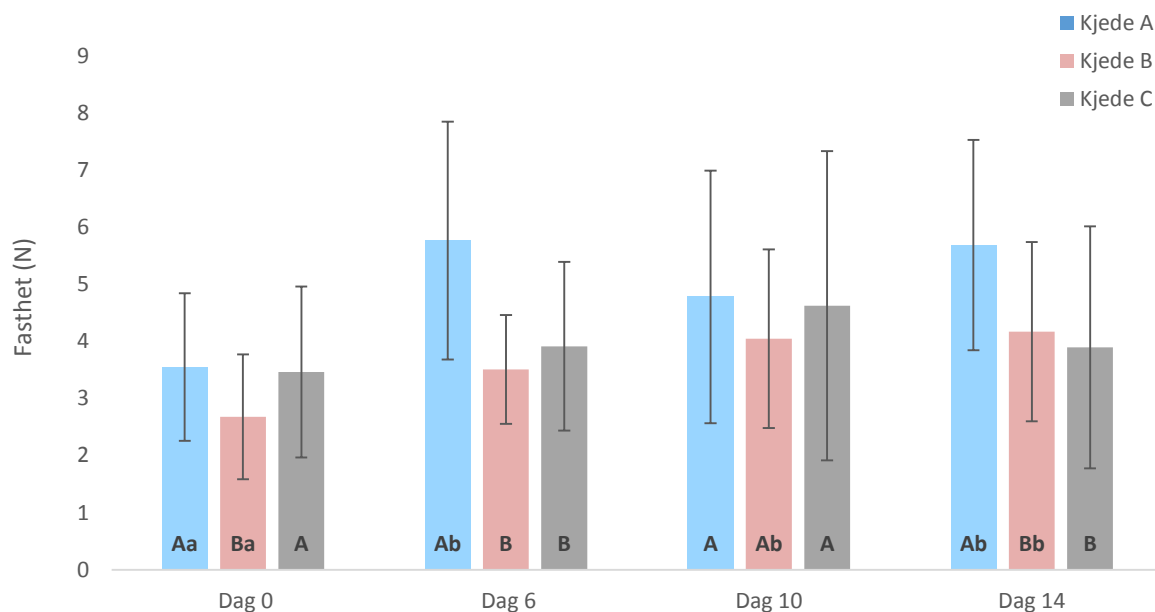
Det er spesielt drypptapet som bidrar til å redusere kvaliteten på dobbeltfryste produkter. Drypptapet for de dobbeltfryste produktene (kjede C) var på slutten av lagringstiden 12,1±1,8% (Tabell 2). Til sammenligning var drypptapet for de enkeltfryste produktene 4,8±1,1%, mens det for kontrollkjeden var 3,1±0,9% (p<0,05). Kjede C (dobbeltfryst produkt) hadde lavere vannbindingsevne sammenlignet med kjedene basert på ferskt råstoff (A og B) (p<0,05). For alle kjedene ble det observert en økning i vannbindingsevne over tid, men det var kun for kjede A og C at forskjellen var signifikant (p<0,05).

Den sensoriske evalueringen viste at refresh-loinsene (kjede A og B) hadde bedre lagringsstabilitet (lavere score) enn loins basert på ferskt råstoff. Videre hadde de dobbeltfryste produktene i kjede C, bedre lagringsstabilitet enn loinsene i kjede B (enkeltfryst) (Figur 8). Totalscore økte med tiden frem til dag 10 for alle prøvene, noe som indikerer at dommerne opplever at loinsene fikk dårligere kvalitet utover i lagringsperioden. Det var spesielt lukt og gaping som bidro til at de ferske loinsene fikk høyere totalscore under lagring. I denne studien ble dag 0 satt til pakkedag for den ferske kjeden. Det betyr at råstoffet var cirka 4 dager gammelt ved pakkedag og dette kan ha påvirket resultatene. Frysingen ser imidlertid ut til å ha forsinket luktutviklingen, siden kjede B har lavere score for lukt på både dag seks og dag ti.

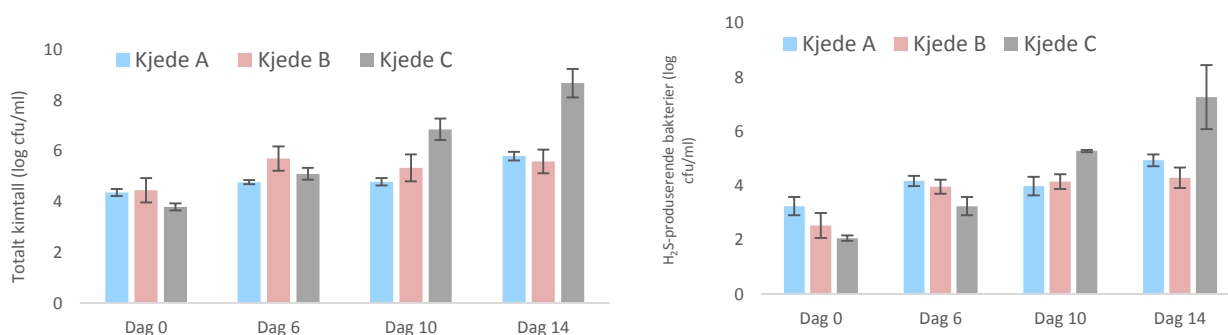


*Figur 8: Figuren viser totalscore for kjede A, B og C etter kjølelagring i 0, 6, 10 og 14 dager. Score 0 indikerer ingen tap av kvalitet. Dess høyere score, dess lavere har dommerne vurdert den sensoriske kvaliteten ved uttakstidspunktet. Ulike store bokstaver (A, B, C) viser signifikante forskjeller mellom de ulike kjeder på samme uttaksdag ( $p < 0,05$ ). a, b, c viser signifikante forskjeller innad i kjeden gjennom lagringstiden ( $p < 0,05$ ).*

Tekstur er en viktig sensorisk egenskap som påvirker forbrukernes oppfatning av produktet. I denne studien ble fasthet målt med en probe som imiterte en finger. Ulike prosesseringmetoder hadde effekt på teksturegenskaper til loinsene (Figur 9). Noe overraskende viste målingene for fasthet en signifikant økning med lagringstiden ( $p < 0,05$ ) for kjede A og B, samt samme tendens for kjede C. Standardavviket i teksturmålingene er stort og kan relateres til variasjon i loinsenes form og størrelse. Det ble imidlertid tilstrebet å ha et likt antall loins med samme størrelse og form for hver kjede og uttaksdag.



Figur 9. Figuren viser resultatene fra teksturmålingene (gjennomsnitt og standardavvik) for fasthet ( $n=12$ ). A, B og C viser signifikante forskjeller mellom kjedene på de ulike uttaksdagene ( $p<0,05$ ), mens a, b og c viser forskjeller innad i kjeden gjennom lagringstiden.



Figur 10. Figuren viser gjennomsnittlig utvikling og standardavviket for totalt kimtall og H<sub>2</sub>S-produserende bakterier gjennom lagringsforsøket på 14 dager ( $n=3$ ).

Resultatene for totalt kimtall og H<sub>2</sub>S-produserende bakterier er gitt i Figur 10. Som forventet økte både totalt kimtall og H<sub>2</sub>S-produserende bakterier gjennom kjølelagringsperioden ( $p<0,05$ ). Både kimtall og H<sub>2</sub>S-produserende bakterier var høyest for produktene som var dobbeltfrost (kjede C) ved slutten av lagringsperioden. På dag 0 hadde imidlertid begge gruppene basert på det ferske råstoffet høyere verdier sammenlignet med de dobbeltfrosne loinsene, selv om det kun var signifikante forskjeller mellom kjede B og C ( $p<0,05$ ). I tillegg til den tilstedeværende mikrofloraen, vil håndtering og prosessering, faktorer i produksjonsmiljøet og temperatur påvirke den mikrobielle veksten og dermed holdbarheten.

### 5.3.3 Oppsummering fra industriforsøk og lagringsstudie

Denne studien viste tydelig behovet for ferske råvarer ved produksjon av refresh-produkter. Produkter laget av frossent råstoff viste bedre sensorisk akseptabilitet, men lavere vannbindingevne, høyere drypptap og

høyere verdier for totalkim enn produktene laget av fersk råstoff gjennom lagringsperioden på 14 dager. Alle parametere tatt i betraktning, inkludert evaluering av sensorisk og mikrobiell kvalitet, er en holdbarhetstid for vakuumpakkede refreshprodukter av torskeloins på 10 dager oppnåelig dersom råvaren fryses ned raskt etter fangst. Riktig håndtering av fisken, med rask innfrysing, optimale tineprosedyrer og riktig håndtering og lagring etter filetering, kan gi industrien en helårsforsyning av råstoff, uten at det går på bekostning av kvaliteten til sluttproduktet. Dersom det benyttes råvarer som har vært islagret før foredling, bør holdbarheten justeres ned i henhold til dette.

## 5.4 Evaluering av kjeder

For å realisere de potensielle gevinstene med refresh-produksjon kreves det bruk av ressurser og energiintense prosesser. Innfrysning, fryselagring og opptining er sentrale elementer i de ulike kjedene (Figur 5), og det er viktig for industri som skal produsere refresh-produkter å finne en balanse mellom gevinst og energibruk. Unødvendig energibruk merkes ikke bare på produsentens strømgning, men bidrar også til økt utslipp av drivhusgasser. Dermed bør energieffektive prosesser etterstrebes.

### 5.4.1 Energibruk i fangstleddet

Råstoff til refresh-produksjon kan enten være frossent eller ferskt. Frossent råstoff vil si at fisken sløyes, hodekappes og fryses om bord. Dette gjøres typisk på fartøy som frysetrålere eller havgående autolinere. Disse flåtesegmentene har et høyere spesifikt drivstoff-forbruk (målt i liter drivstoff/kg fanget fisk), spesielt bunntrålerne. I tillegg er fryseri og fabrikkutstyr om bord energikrevende, og all energi om bord kommer fra fartøyets drivstoff. Fersk hvitfisk fangstes også med redskaper som snurrevad og garn, altså på mindre fartøy enn trålere. Sammenlignet med trålerne har dette fartøy segmentet et betraktelig lavere spesifikt drivstoff-forbruk, da det er mindre fartøy som fisker kystnært. Fisken lagres ofte i binger med sjøvann uten aktiv kjøling, eller ved bruk av medbrakt is fra land. Levering av fersk fisk, spesielt torsk, er svært sesongbasert med høyest aktivitet i månedene februar-april under vinterfisket. Oppsummert er det stor forskjell på energibruk i fangstleddet pga. ulike fartøy og ulike redskap. Det er gjort studier som ser på energieffektiviteten i den norske fiskeflåten samlet sett (Jafarzadeh et al., 2016), energireduserende teknologiske tiltak for fiskeflåten (Stenersen et al., 2021) og hvordan kvotereguleringer påvirker flåtens energibruk (Isaksen et al., 2021).

### 5.4.2 Innfrysning

Av de termiske prosessene som inngår i kjedene er innfrysning den mest energiintensive. Dette kan forstås ved å se på kuldebehovet mellom prosessene kjøling og innfrysning, altså hvor mye varmeenergi pr kg må hentes ut av, i dette eksempelet, torsk:

Fra 10 til -1 °C:	41,7 kJ/kg
Fra 10 til -25 °C:	318,3 kJ/kg

Kuldebehovet ved innfrysning er i dette eksempelet over 7 ganger så høyt sammenlignet med kjøling. Dette er kun den varmeenergien som må hentes ut av fisken, og i praksis må en ta høyde for andre bidrag som gir utslag på det totale kuldebehovet. Dette inkluderer varmelekkasje i innfrysningsutstyr, emballasje/reoler og vifter/pumper som genererer varme. Hvor store disse ulike bidragene er, vil variere etter innfrysningsutstyr. I Cleland & Valentas (1997) finner man følgende tommelfingerregler på hvor stort hvert bidrag utgjør av totalen, som listet i tabellen under.

Tabell 3: Bidrag til totalt kuldebehov, andeler etter type utstyr. Gjenskapt fra (Cleland and Valentas, 1997)

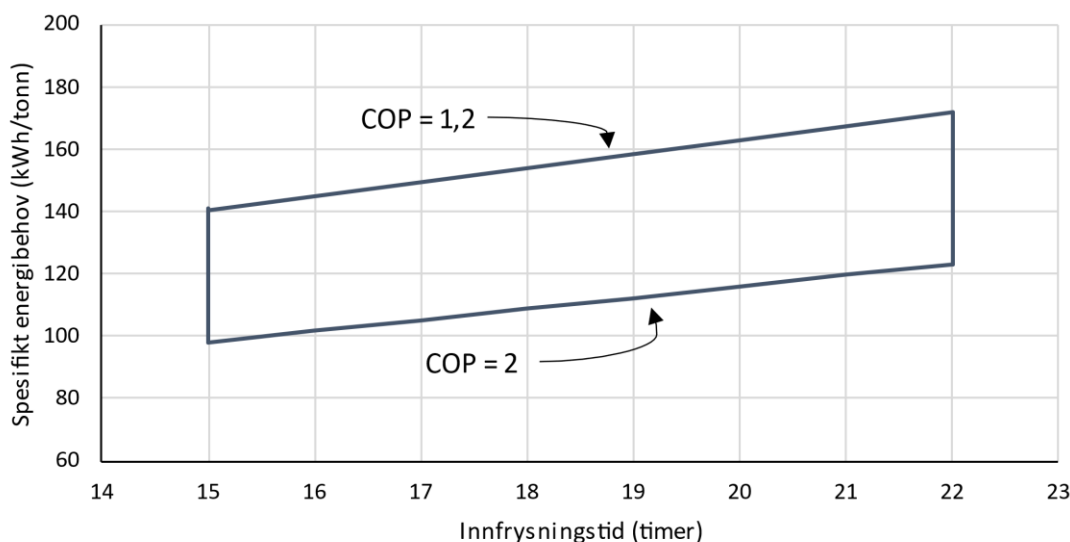
Freezer type	Product	Fans/pumps	Pull-down	Defrost <sup>a</sup>	Other <sup>b</sup>
Batch air-blast	50-80%	10-40%	<10%	<5%	<5%
Continous air-blast	50-80%	10-40%	0%	10-20%	5-10%
Plate	85-95%	5-10%	<5%	<5%	<5%
Cryogenic	85-95%	<10%	<5%	0%	<10%

<sup>a</sup> Assumes defrost is performed off-line for batch and plate freezers and on-line for continuous freezers

<sup>b</sup> Insulation ingress, air interchange, equipment other than fans, storage vessel losses.

Ved **tunnelfrysing** (air-blast) vil viftene tilføre mye varme, i størrelsesorden 10-40% av det totale nedkjølingsbehovet, avhengig av hvorvidt viftebruken er energiøkonomisk tilpasset (styring av luftstrøm og viftekapasitet). Emballering av fisken er nødvendig for å hindre uttørking, men bidrar samtidig til nedkjølingsbehovet og påvirker varmeoverføring mellom den kalde lufta og fisken. Videre vil driftsforhold være avgjørende for hvor energieffektivt tunnelfryseri er. Ved batchvis innfrysning vil kuldebehovet være størst i starten av prosessen og avtar etter hvert som produkttemperaturen senkes. For et anlegg med flere tunneler vil det være nødvendig å fordele produksjonen over tid for å unngå høye effekttopper. Produktene må også plasseres i reoler med tilpasset avstand mellom eskene slik at luftstrømmen distribueres optimalt gjennom varene, og samtidig at man unngår unødvendig høy luftsirkulasjon som sirkulerer utenom produktene (falskluft). Beregning av kuldebehovet vil være avhengig av alle disse faktorene, og for å beregne energibehov må man i tillegg se på utforming og design av kuldeanlegget. En forenklet beregning vises her.

Torsk fryses fra +10 til -25 °C, der produktlast utgjør 65%, vifter 30% og annet 5%. Effekten på spesifikt energibruk ved varierende virkningsgrad (COP 1,2 - 2) på kuldeanlegg og frysetid vises i grafen under (merk: frysetid er i dette eksempelet definert som tiden det vil ta å oppnå korrekt kjernetemperatur, og er således et resultat av hvor effektivt innfrysningen utføres).



Figur 11: Beregnet område for spesifikk energibruk ved innfrysning av torsk fra +10 til -25 °C, med variasjon i frysetid og virkningsgrad (COP) på kuldeanlegg

Til sammenligning er rapportert spesifikt energibruk for pelagiske industrianlegg i størrelsesorden 101-271 kWh/tonn (Widell et al., 2014). Det er knyttet stor usikkerhet til disse tallene da de er basert på selvrapportering og usikkerhet i hva hver enkelt bedrift har tillagt energiregnestykket.

En stor fordel med **platefrysere** er det reduserte energibehovet, der produktlasten kan utgjøre så mye som 95% av det totale kuldebehovet. Varmeoverføringen skjer ved kontakt mellom produkt og plater der kaldt kjølemedie distribueres gjennom. Dette gir et høyere varmeovergangstall enn hva som er oppnåelig i en lufttunnel, og innfrysningstiden reduseres kraftig. Det tilbys løsninger i dag med produksjonskapasitet mellom 20 til 100 tonn/24timer med automatisk innmatingsystem. Til forskjell fra tunnelfrysing vil det være noe mer begrenset hvilke produkter som kan fryses. Vertikale platefrysere er anvendt i fiskeflåten for innfrysning av HG hvitfisk tilsatt sjøvann. For landbasert prosessering er det mer aktuelt å anvende horisontale platefrysere for hvitfiskprodukter, dvs. fileter eller porsjoner. Produktene må emballeres og pakkes på en slik måte at de fyller ut volumet på best mulig måte. Det finnes minst én produsent av lakseprodukter som har denne type fryseri. Leverandører oppgir at besparing på energi kan være så høy som 40% sammenlignet med frysetunnel, i hovedsak pga. fravær av store vifter og høyere varmeovergangstall. Verpe et al. (2019) gjorde en teoretisk studie der CO<sub>2</sub> ble anvendt som kuldemedie i platefryser, et medie som evner å levere lave temperaturer (ned til -50 °C). Studien viser at effekten av redusert innfrysningstemperatur slår negativt ut på spesifikt energibruk, men positivt i forhold til redusert innfrysningstid og økt produksjonskapasitet. Resultatene er oppsummert i **Error! Reference source not found.**

Tabell 4: Effekt av redusert fordampningstemperatur i platefryser. Gjenskapt på resultater fra (Verpe et al., 2019)

Temperatur (°C)	Frysetid (min)	Energibruk (kWh/tonn)	Produksjonskapasitet (kg/t)
-30	301	43	233
-40	220	57	312
-50	175	74	387

**Kontinuerlige fryserne** som spiralfrysere og impingement-fryserne anvendes i industrien for innfrysning av enkeltprodukter av fisk. Denne typen utstyr er ofte designet for å gi rask til svært rask innfrysning som kan plasseres direkte i produksjonslinjer uten å skape store forsinkelser i produksjonskjeden. Denne typen fryserne er luftbasert og i likhet med frysetunnel vil man se et betydelig varmebidrag fra viftene på det totale kuldebehovet. I tillegg kommer evt. annen varmegenerende utstyr som drivverk til bånd og varmetap i inngang/utgangsåpning, som i sum tilsier at kuldebehovet er sammenlignbart eller noe høyere enn for frysetunnel. Dermed vil også energibehovet være større. Leverandører oppgir produksjonskapasitet opptil 2500 kg/timen for torskefileter, med en innfrysningstid på 10 minutter.

**Lakefrysning** av fisk er teoretisk sett svært energieffektivt som følge av effektiv varmeoverføring mellom produkt og lake og at prosessetemperaturen ligger rundt det eutektiske punktet til NaCl (-21 °C) som gir gode driftsforhold for kuldeanlegg. Metoden var en av de tidligste metodene som ble anvendt på fisk i Norge, men praksisen opphørte gradvis pga. utfordringer med lakesøl og opptak av salt i produktet. I dag benyttes lakefrysning i krabbeindustrien, og det har de siste årene blitt forsket på anvendelse for andre arter, bl.a. hvitfisk. Forskingen er motivert av de gode egenskaper som metoden gir, som høy varmeoverføring, rask innfrysning og redusert energiforbruk. I prosjektet "Lakefrysning av hvitfisk" (FHF-prosjekt nr. 901580) var et av hovedfunnene at det teoretiske energibruket for lakefrysning var nesten 50% lavere sammenlignet med tunnelfrysing (Larssen et al., 2022).

Cleland og Valentas (1997) viser til følgende matrise som oppsummerer ulike innfrysingsmetoder etter noen relevante kriterier.

Tabell 5: Karakteristikker for innfrysingsutstyr. Gjenskapt fra (Cleland and Valentas, 1997)

Characteristic	Still-air	Air-blast tunnel	Belt	Spiral	Plate	Immersion	Cryogenic
Capital cost	L	I	I	I/H	H	L	L
Fan/pump energy	L	I/H	I/H	I/H	L	L	L
Overall operating costs	L/I	I	I	I	L	L/I	H
Rate of freezing	L	L/I	I	I	H	H	H
Unwrapped weight loss	H	I/H	I	I	L	L	L
Relative size of facility	H	I/H	I	L/I	L	L	L
Product size	A	A	L/I	L/I	I/H	L/I	L/I
Product shape	A	A	U	A	R	A	A

L = Low, small. I = Intermediate, medium. H = High, large. A = All. U = Uniform. R = Rectangular

### 5.4.3 Tining

Man tiner et produkt ved å tilføre varmeenergi, helst på en kontrollert måte slik at drypptapet minimeres og bakterieveksten holdes lav. Tining er en tidkrevende prosess sammenlignet med innfrysning. De fleste tinemetoder er basert på varmeoverføring fra utsiden og inn i produktet. Dette medfører at det dannes et tint ytterlag om produktet som har en isolerende effekt, dvs. varmeoverføringen inn til kjerne går tregere. I tillegg bør tinetemperaturen ikke være for høy, noe som gjør at temperaturdifferansen mellom produkt og tinemediet avtar etter hvert som prosessen fremskrider. Det man da ser i praksis er at temperaturen stiger raskt innledningsvis, men avtar etter hvert som produktet går inn i 'smeltefasen'. Disse to faktorene tilsier at varmeoverføringsraten er i størrelsesorden 1/6-del sammenlignet med innfrysingsprosessen.

Det har ikke vært spesielt fokus på energibruk under tineprosessen når man ser i litteraturen. Tidligere tinet man fiskeblokker ved å legge dem i bakker med vann (sjø- eller ferskvann) eller i rom (kjølerom eller romtemperatur). For førstnevnte metode vil energibruket være tilsvarende energibehovet for å pumpe vannet i bakkene, mens tining i romtemperatur/kjølerom kan ikke tilskrives noe 'eget' energibruk.

For å oppnå god kvalitet anbefales det å gjennomføre tiningen som en kontrollert prosess med hensyn på tid og temperatur. Dette innebærer i mange tilfeller at luft eller vann må nedkjøles eller varmes for å oppnå ønsket temperatur. Hvis uemballert fiskeprodukt skal tines i luft bør det i tillegg være kontroll på luftfuktigheten, dvs. tilførsel av fukt/damp for å hindre uttørking. Tining i vann bør foregå med sirkulasjon eller agitasjon av vannet for å stimulere varmeoverføringen. Pumper, sprayutstyr, kjøling og oppvarming er dermed alle elementer som bidrar til det samlede energibehovet for prosessen, og størrelsen av det totale behovet er dermed avhengig av hvor mange elementer tineprosessen inkluderer. Tineprosessen kan også være sammensatt av ulike metoder og utstyr, f.eks bruk av RF-tining (radiofrekvens) i den innledende tempereringsfasen. Sammenlignet med innfrysning vil energibehovet til tining uansett være relativt lavt. Hvis det tines med ferskvann vil forbruket av dette være av interesse å optimalisere.

### 5.4.4 Foredling, pakking og transport

Slik kjedene er beskrevet i Figur 5 vil det i dette tilfellet ikke være noen forskjell på energibruk i disse prosessene. Det kan være forskjell på hvor i kjeden disse prosessene foregår, f.eks råstoff som blir filetert om bord. Dette medfører selvsagt mindre foredling for et landanlegg, men ser man på kjeden i helhet er bare arbeidsoppgaven flyttet på fra landanlegget til fartøyet. Emballering og pakking av produkt vil som kommentert tidligere, i noen tilfeller være delvis påvirket av valg av innfrysings og tinemetode. Deretter vil de viktigste faktorene som legger føringer for valg av emballering/pakking være hensyn til kvalitet og holdbarhet, logistikk og klimapåvirkning (karbonfotavtrykk, reduksjon av plastbruk etc.). Transport er en stor post når det kommer til både energibruk og påvirkning på klima og miljø. En av de potensielle gevinstene



med refresh-produksjon er nettopp å kunne gjennomføre distribusjonen på en mer klimavennlig måte. Dette kan realiseres ved å fortrenge noe av ferskfisk-transporten som i dag foregår med for eksempel fly.

#### 5.4.5 Oppsummering fra evaluering av kjeder

Det ble ikke foretatt energimålinger under forsøkene i dette prosjektet, men ut fra den drøftelsen som er gjort i dette kapitlet fremkommer det åpenbart at kjede C (dobbeltfrost produkt) er den mest energikrevende. Dette er i all hovedsak fordi kjeden er basert på dobbelfrysing av produktet, og innfrysning er den mest energikrevende enkeltoperasjonen

## 6 KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID

Både litteraturgjennomgangen og industriforsøkene viser at råvarekvaliteten før prosessering er en viktig faktor for å få best mulig kvalitet til forbruker. De videre prosessene, frysing, tining og kjølelagring, handler om å bevare mest mulig av denne kvaliteten. Innfrysningen bør gjennomføres med høy innfrysingsrate for å redusere forringelsesreaksjonene i fisken i størst mulig grad. Fryselagring bør foregå ved stabil og lav temperatur da temperatursvingninger kan føre til fryse-tine-sykluser som kan påvirke blant annet tekstur, vannbinding og farge. Tining er en sårbar og tidkrevende prosess der fokus på temperatur, tid og hygiene er viktig. Ulike tinemetoder har effekt på ulike stadier av tiningen, og en kombinasjon av metoder kan være fordelaktig. Optimalisering av ulike tinemetoder, både industrielt og i nærheten av forbruker, er et interessant tema for videre forskning. Opprinnelig var det planlagt å studere to ulike industrielle tinemetoder, men på grunn av covid-19 var kun den ene tinemetoden tilgjengelig på forsøktidspunktet. Å sammenligne kvalitet og holdbarhet for ulike industrielle tinemetoder er et interessant tema for videre forskning.

Industriforsøkene og lagringsstudien i denne studien er gjennomført i industriell kontekst og bidrar med kunnskap om hvordan industrielle metoder for frysing og tining påvirker ulike kvalitetsparametre for rå vakuumpakkede torskeloins. Effekten av andre fryse- og tinemetoder eller produksjonsprosesser bør imidlertid undersøkes, i tillegg til ulike lagringstemperaturer etter tining. Det ble ikke foretatt energimålinger under forsøkene i dette prosjektet, men dobbelfrysing av produkt er den mest energikrevende prosessen. Dette er i all hovedsak fordi kjeden er basert på dobbelfrysing av produktet, og innfrysning er den mest energikrevende enkeltoperasjonen. I videre arbeid anbefales det at det gjennomføres en fullverdig evaluering med energimålinger i prosessene og samtidig inkludere andre relevante aspekter som annet ressursbruk, klimapåvirkning og matsvinn.

Riktig håndtering av fisken, med rask innfrysing etter fangst, optimale tineprosedyrer og riktig håndtering og lagring etter foredling, kan gi industrien helårsforsyning av råstoff, uten at det går på bekostning av kvaliteten til sluttproduktet. I dette prosjektet ble det gjennomført et industriforsøk med både enkel- og dobbelfrysing av vakuumpakkede torskeloins. Resultatene viser at ved å benytte råstoff av høy kvalitet har refreshed loins fra dobbelfrost råstoff like god eller bedre kvalitet sammenlignet med islagret trålfanget torsk fire dager etter fangst. En holdbarhetstid for vakuumpakkede refreshprodukter av torskeloins på 10 dager er oppnåelig dersom råvaren fryses ned raskt etter fangst. Dersom det benyttes råvarer som har vært islagret før foredling, bør holdbarheten justeres ned i henhold til dette. Det kan være potensiale for å forlenge holdbarheten utover 10 dager, dersom pakkemetode og emballasjemateriale optimaliseres. Studier har vist at pakking i modifisert atmosfære kan forlenge holdbarheten på fisk. Videre, vil en absorbent kunne fange opp noe av drypptapet og bedre det visuelle inntrykket av produktet. Effekt av ulike pakkemetoder og bruk av ulike materialer, inklusive smart emballering, for å forlenge holdbarhet bør undersøkes i videre studier. Det var planlagt å benytte samme råstoff til alle kjeder for å utelukke forhold som kan påvirke endelig kvalitet og holdbarhet, men dette var ikke praktisk gjennomførbart. Å gjenta forsøket med samme

råstoff i alle kjeder vil kunne gi et enda tydeligere svar på om det er forskjeller mellom ulike produksjonskjeder.

Hvordan forbrukeren oppfatter kvaliteten etter tilberedning er også et tema for videre forskning. De største forskjellene mellom refresh-produktene og fersklagret torskeloins observert i denne studien var knyttet til høyere drypptap og mykere tekstur for refresh-produktene, samt bedre sensorisk lagringsstabilitet for dobbeltfryste produkter. Å vurdere hvordan produktet ser ut i pakningen og opplevelsen ved åpning av pakningen kan gi en bedre oppfatning av hvordan forbrukeren opplever produktet ved kjøp eller ved tilberedning i hjemmet. Økt forståelse av forbrukeroppfatninger – og adferd er et viktig tema for videre forskning. Ved vurdering av kvalitet benyttes ofte subjektive metoder som er forbundet med stor usikkerhet. Å sammenligne subjektive og objektive målemetoder for måling av kvalitet, samt å utvikle objektive målemetoder for eksempelvis gaping, er også interessante tema for videre forskning. Vi har ikke funnet en standardisert QIM-metode for vurdering av bein- og skinnfrie loins, så dette er et felt som bør studeres nærmere.

## 7 HOVEDFUNN

- I litteraturgjennomgangen ble det observert at det er svært lite forskningslitteratur som har sett på refresh-produksjon av fisk i en helhetlig og industriell kontekst. På noen områder (av kjeden) eksisterer det mer litteratur enn andre, og på de fleste områder er litteraturen dominert av teoretiske studier og laboratoriestudier.
- Resultatene både fra litteraturstudien og fra industriforsøkene viste tydelig behovet for ferske råvarer ved produksjon av refresh-produkter. I prosjektet ble det gjennomført både enkel- og dobbeltfrysing av produkter. Resultater viser at ved å benytte råstoff av høy kvalitet har refreshed loins fra dobbeltfryst råstoff like god eller bedre kvalitet sammenlignet med islagret trålfanget torsk fire dager etter fangst. En holdbarhetstid for vakuumpakkede refreshprodukter av torskeloins på 10 dager oppnåelig dersom råvaren fryses ned raskt etter fangst. Dersom det benyttes råvarer som har vært islagret før foredling, bør holdbarheten justeres ned i henhold til dette.
- Det ble ikke foretatt energimålinger under forsøkene i dette prosjektet, men dobbeltfrysing av produkt er den mest energikrevende prosessen. Dette er i all hovedsak fordi kjeden er basert på dobbeltfrysing av produktet, og innfrysing er den mest energikrevende enkeltoperasjonen.

## 8 LEVERANSER

### ARTIKKLER OG RAPPORTER

- Svendsen, E.S., Widell, K.N., Tveit, G.M., Nordtvedt, T.S., Uglem, S., Standal, I.B., Greiff, K. (2021). Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish. *Journal of food Engineering* 315(2):110803. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110803>
- Uglem, S., Nordtvedt, T.S., Greiff, K. (2022). The effect of freeze-chilling on quality changes of cod loins (*Gadus morhua*) during chilled storage. Konferanseartikkel på 7<sup>th</sup> International Cold Chain Conference 2022
- Uglem, S., Svendsen, E.S., Nordtvedt, T.S., Tveit, G.M., Widell K.N., Schei, M., Greiff, K., Erikson, U.G., Standal, I.B. (2022). Kartlegging og optimalisering av industrielle konsepter for refresh-produkter av hvitfisk – Refresh. SINTEF-rapport nr 2022: 00505

- Dalsaune, S. (2022). Kvalitetsendringer på tint fersk torsk (*Gadus morhua*) under lagring – en studie for optimalisering av kvalitet på tint og "refreshed" fiskeprodukter. Masteroppgave ved NTNU
- Uglem, S., Tveit, G.M., Nordtvedt, T.S., Dalsaune, S.I., Standal, I.B. (2022). Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk. SINTEF-rapport nr 2022:00504
- Svendsen, E.S., Schei, M., Uglem, S. (2022). Tineforsøk på torskeloins. SINTEF-rapport nr 2022:00494
- Tveit, G.M., Uglem, S., Svendsen, E.S., Nordtvedt, T.S., Widell, K., Greiff, K., Erikson, U.G. Veileder - industrielle konsepter for refresh produkter av hvitfisk

## MEDIA

- Tveit, G.M. (2020). Kan «refreshed» fiskeprodukt erstatta ferske? Kronikk i Avisa Hordaland 15.04.2020. <https://www.avisahordaland.no/meiningar/kan-refreshed-fiskeprodukt-erstatta-ferske/>
- Tveit, G.M. (2020). Mer bærekraftig produksjon og bedre lønnsomhet med tinte produkter? Kronikk i Fiskeribladet Fiskaren 12. april 2020. <https://fiskeribladet.no/nyheter/default.asp?artikkel=72316>
- Tveit, G.M., Nordtvedt, T.S., Svendsen, E.S. (2020). Norsk Sjømat. Nr 2 2020. Industrielle konsepter for refreshed-produkter av hvitfisk. S.30-31.
- Tveit, G.M. (2020). "Kan «refreshed» fiskeprodukt erstatta ferske?". #SINTEFblogg 5.mai 2020. <https://blogg.sintef.no/sintefocean-nb/kan-refreshed-fiskeprodukt-erstatta-ferske/>
- Det er opprettet en hjemmeside for prosjektet <https://www.sintef.no/prosjekter/2020/refresh/>

## PRESENTASJONER

- Nordtvedt, T.S., Tveit, G.M. (2020). Et kort innblikk i: Refreshed hvitfiskprodukter og holdbarhet og rensing av prosessvann (lakselakteri). FHF- workshop "Betydningen av hygiene og mikrobiologisk kvalitet for holdbarhet ved filetproduksjon og ferskpakking av hvitfisk".
- Nordtvedt, T.S., Tveit, G.M. (2020). Refresh-produkter av hvitfisk (901596). FHF's hvitfiskseminar 29.oktober.
- Uglem, S., Nordtvedt, T.S., Greiff, K. (2022). The effect of freeze-chilling on quality changes of cod loins (*Gadus morhua*) during chilled storage. Presentasjon på 7th International Cold Chain Conference 2022

## ANDRE DOKUMENTER

- Møtereferat oppstartsmøtet med referansegruppen 23.01.2020. Utsendt 31.01.2020.
- Møtereferat midtveismøte med referansegruppen 27.01.2021. Utsendt 29.01.2021.
- Møtereferat slutt møte med referansegruppen 25.05.2022. Utsendt 25.05.2022.
- Internt SINTEF prosjektnotat – Intervju med norske refreshed aktører.

I tillegg har prosjektgruppen publisert følgende artikler og rapporter med samme tematikk i andre prosjekt i samme tidsperiode som "Refresh"-prosjektet:

- Erikson, U., Uglem, S., Greiff, K., (2022). Freeze-Chilling of Whitefish: Effects of Capture, On-Board Processing, Freezing, Frozen Storage, Thawing, and Subsequent Chilled Storage - A Review. *Foods* 10 (11): 2661
- Uglem, S., Svendsen, E.S., Widell, K.N., Nordtvedt, T.S., Tveit, G.M., Schei, M.S. (2022). Holdbart – Refresh-kjeder for laks. SINTEF-rapport nr 2022: 01135

## 9 REFERANSER

Cleland, D.J., Valentas, K.J., (1997). *Prediction of Freezing Time and Design of Food Freezers*. In: Handbook of Food Engineering Practice.

Isaksen, J.R., Hermansen, Ø., Standal, D., Bendiksen, B.I., Jafarzadeh, S., Dreyer, B., (2021). *Økonomiske og miljømessige konsekvenser av reguleringer og institusjonelle rammer. Faglig sluttrapport*.

Jafarzadeh, S., Ellingsen, H., Aanonsen, S.A., (2016). *Energy efficiency of Norwegian fisheries from 2003 to 2012*. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3616–3630. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.114>

Larsen, W.E., Barnung, T., Bjørkevold, I., (2022). *Lakefrysing av hvitfisk (2203)*.

Stenersen, D., Standal, D., Rambech, H.J., Nielsen, J.B., (2021). *Energi- og klimateknologi for fiskefartøy*.

Verpe, E.H., Tolstorebrov, I., Sevault, A., (2019). *Cold thermal energy storage with low-temperature plate freezing of fish on offshore vessels*. <https://doi.org/10.18462/iir.icr.2019.1168>

Widell, K.N., Nordtvedt, T.S., Stavset, O., (2014). *Rapport Nøkkeltall for kuldeanlegg i pelagisk industri. Leveranse L2.2*.