



Prosjektrapport

Holdbart – "Refresh"-kjeder for laks

Forfattere:

Solveig Uglem
Eirik Starheim Svendsen
Kristina Norne Widell
Tom Ståle Nordtvedt
Guro Møen Tveit
Marte Schei

Rapportnummer:

2021:01135
ISBN: 978-82-14-07741-4

Prosjektrapport

Holdbart

Refresh-kjeder for laks

EMNEORD:Frysing, tining, Refresh,
kvalitet, lagringsstabilitet**VERSJON**

1

DATO

2021-11-15

FORFATTER(E)Solveig Uglem
Eirik Starheim Svendsen
Kristina Norne Widell
Tom Ståle Nordtvedt
Marte Schei**PROSJEKTNUMMER**

302005797

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

33+ Bilag/vedlegg

SAMMENDRAG

Refreshed produkter, dvs. produkter som blir fryst, for deretter å tines og presenteres "refreshed" til forbruker, er et segment i vekst. Derfor har SINTEF Ocean valgt å forske på hvordan dette kan gjøres på riktig måte. I denne studien er det undersøkt hvilken effekt innfrysing, hurtig og langsom tining, samt kjølelagring etter opptining har på kvalitet og lagringsstabilitet for vakuumpakkede lakseloins. Resultatene viste at de største forskjellene mellom Refresh-kjedene og de kjølte kjedene var knyttet til et høyere drypptap og endringer i tekstur for Refresh-produktene. Endringene i tekstur og drypptap for *Refresh*-produktene skjedde mellom dag 0 og dag 6. På dag 6 ble det observert liten forskjell i sensorikkscore mellom *refreshed* og kjølte (referanse) produkter. Basert på resultatene fra forsøket anbefales en holdbarhet etter opptining for fryst/tinte lakseloins pakket i vakuum på 6 dager. En fordel med Refresh-konseptet, er at produktene tines i eller nært utsalgsted og at produktene dermed kan tines ved behov. Refresh-konseptet er en lovende metode som kan bidra til blant annet redusert matsvinn.

UTARBEIDET AV

Solveig Uglem

SIGNATUR



Solveig Uglem (Nov 15, 2021 15:08 GMT+1)

KONTROLLERT AV

Kirsti Greiff

SIGNATUR



Kirsti Greiff (Nov 16, 2021 11:23 GMT+1)

GODKJENT AV

Gunvor Øie

SIGNATUR

**RAPPORTNUMMER**

2011:01135

ISBN

978-82-14-07741-4

Historikk

VERSJON	DATO	Versjonsbeskrivelse
1	2021-11-02	Dette er første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	4
2	Målsetting.....	5
3	Materialer og metoder	5
3.1	Forsøksdesign.....	5
3.2	Råvarer	6
3.3	Pakking og veiing.....	6
3.4	Innfrysning, tining og temperaturmåling	6
3.5	Analysen og kvalitetsvurdering.....	9
3.5.1	Drypptap	10
3.5.2	Sensorisk vurdering	10
3.5.2.1	Forstudie, utarbeidelse av skjema og trening av dommere	10
3.5.2.2	Hovedforsøk	11
3.5.3	Tekstur	12
3.5.4	Mikrobiologiske analyser	13
3.5.5	Kjemiske analyser	13
3.6	Statistikk.....	13
4	Resultat	13
4.1	Råvare	13
4.2	Temperatur	13
4.3	Lagringsstudie	16
4.3.1	Utvikling over tid	16
4.3.2	Drypptap etter tining og under kjølelagring.....	18
4.3.3	Sensorisk vurdering	18
4.3.4	Tekstur	22
4.3.5	Mikrobiologi.....	23
5	Diskusjon	25
6	Konklusjon og forslag til videre forskning	29
7	Finansiering.....	30
8	Referanser	30

Vedlegg 1: Skjema sensorisk evaluering

Vedlegg 2: Oppsummering av studien i Power Point

1 Innledning

Ifølge Sjømatrådet går Norge glipp av 30 milliarder kroner årlig fordi en stor del av norskprodusert laks foredles utenlands. Kostnadsnivået og lav lønnsomhet innen foredling blir trukket frem som en av hovedårsakene til lav foredlingsgrad i Norge, men også avstand til marked og begrenset markedsadgang knyttes til lav innenlands foredling. Produkt- og teknologiutvikling og økt automatisering i foredlingsleddet er sentrale elementer for økt lønnsomhet og konkurranseevne for norsk sjømatindustri. Ved å utnytte fortrinn som nærhet til merdkant og råstoff, kan vi produsere filet «pre rigor», noe som gir økt produktkvalitet og er en fordel for sluttproduktet. For å opprettholde den gode kvaliteten, er det behov for kunnskap om teknologi og metoder for best mulig holdbarhet på produktene. Å utvikle løsninger som ivaretar den ferske kvaliteten og opprettholder holdbarheten vil være en naturlig del av teknologiutviklingen.

For å tilby produkter med god kvalitet til markedene lengst unna, fraktes fisken med fly i kasser med is. I Europa foregår mye av transporten med bil og tog. Til disse markedene eksporteres hoveddelen av fisken som hel sløyd, noe som betyr at det er et stort volum med lavkostprodukt (hode og rygg) samt avfall (is) som transporteres. Mer foredling nært produksjon/fangst gir mindre lastevolum og mindre transportbehov. Sammenlignet med rund laks, betyr transport av filet halvert volum. For å gjøre transporten av laks mer miljøvennlig, må man vurdere mer miljøvennlige transportløsninger og distribusjonskanaler, både nasjonalt og internasjonalt. Herunder vil konserveringsmetoder og emballaseløsninger som opprettholder kvaliteten og holdbarheten over lange transportetapper, være viktig. Veldig lang holdbarhet på grunn av frysing, gir større fleksibilitet med tanke på distribusjon og tining nær markedet. Derfor er det avgjørende at den beste teknologien utvikles slik at produsenter kan presentere produkter av ypperste kvalitet til forbruker.

I de fleste større importland for laks har en kunne observere en betydelig dreining i konsumet fra ferskfiskdisken til pre-pakkede ferske produkter (Landazuri-Tveteras et al., 2018). Selv om det er betydelige forskjeller mellom markeder i forhold til konsumentenes preferanser for forskjellige produktformer, er det en klar trend mot produkter som er lette å tilberede, men hvor pris og kvalitet fremdeles er viktig (Torrison & Onozaka, 2017). Sjømat er svært lett bedervelig og taper raskt kvalitet etter fangst, og det søkes stadig etter nye metoder for konservering av sjømat for å sikre bedre holdbarhet og kvalitet (Furuset, 2019; Baptista et. al., 2020). "Refreshed" produkter, dvs. produkter som er fryst, for deretter å tines og presenteres "refreshed" til forbruker, er et segment i vekst. Dette gjelder ikke bare her i Norge, men også flere andre europeiske markeder. Gjennom omsetting av refreshed produkt-konsepter kan bedriftene oppnå lavere distribusjonskostnader, mer stabile leveranser, jevn og høy kvalitet og mulighet for merkevarebygging. Ved produksjon av refreshed produkter får man også mulighet for å tine nært utsalgsstedet og levere kort tid etter bestilling. Dette bidrar også til mindre matsvinn, noe som i tillegg til å være en mer bærekraftig produksjon gir grunnlag for bedre lønnsomhet.

Refreshed produkter er kjent for å være av høy kvalitet. Skal man satse ytterligere på slik produksjon i fremtiden er det avgjørende at den beste teknologien og produksjonskonseptene benyttes. Fersk fisk 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, fryselagring, tining og kjøling etter opptining kan man også produsere tinte produkter av høy kvalitet.

SINTEF Ocean har et pågående prosjekt, "Refresh – kartlegging og optimalisering av industrielle konsepter for refresh-produkter av hvitfisk" der konseptet med frysing, lagring og tining av hvitfisk undersøkes. Kartlegging både internt og hos industriaktører, viser at frysing og tining av laks er et område hvor det ønskes mer kunnskap.

2 Målsetting

Målet med forsøkene var å studere

- 1) effekten av frysing og tining
- 2) forskjellene mellom hurtig og langsom tining
- 3) forskjellene mellom kjølelagring ved 2°C og 4°C

på lagringsstabilitet og kvalitet på vakuumpakkede lakseloins

3 Materialer og metoder

3.1 Forsøksdesign

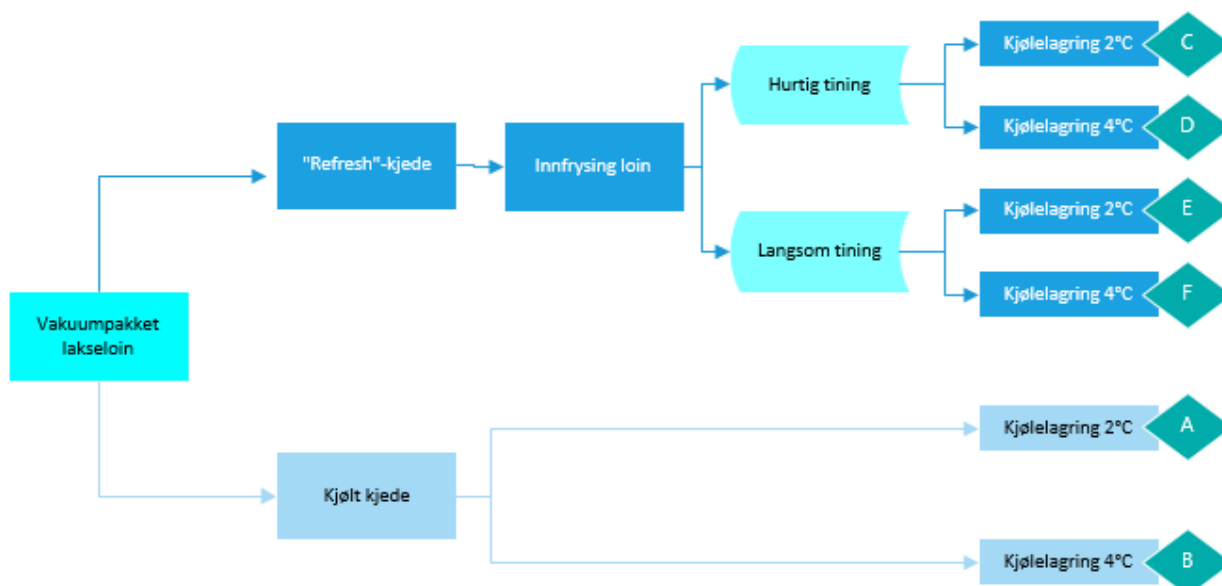
Forsøket inkluderte seks ulike kjeder (A – F), illustrert i Figur 1.

Kjølt kjede - ferske vakuumpakkede lakseloins:

- A - Kjølelagring 2°C
- B - Kjølelagring 4°C

"ReFresh"-kjeder – vakuumpakkede lakseloins som ble fryst og tint:

- C - Hurtig tining, kjølelagring 2°C
- D - Hurtig tining, kjølelagring 4°C
- E - Langsom tining, kjølelagring 2°C
- F - Langsom tining, kjølelagring 4°C



Figur 1: De seks ulike kjedene i forsøket.

3.2 Råvarer

I forsøket ble lakseloins fra rygg (n= 220) uten skinn og bein (ca 190 gram) benyttet. Loinsene ble kjøpt fra en leverandør i Norge. Det var to ulike kutt på loinsene (Figur 2).



Figur 2: Ulike kutt på loinsene

Råvaren ble mottatt ved SINTEF Ocean omtrent ett døgn etter slakting. Under transport fra leverandør til SINTEF var loinsene pakket i isoporkasser med is i egne poser som lå på toppen av loinsene slik at isen var ikke i direkte kontakt med dem (figur 3). Kjernetemperaturen i loinsene ved mottak var $-0,5^{\circ}\text{C}$. Loinsene ble oppbevart i isoporkassene med is på kjølerom ($3,5^{\circ}\text{C}$) frem til videre håndtering.



Figur 3: Illustrasjon av råvarer og is ved mottak

3.3 Pakking og veiing

Loinsene ble veid og vakuumpakket som singelporsjoner i vakuumposer (Three seal bags, RBS-150, $140\text{ }\mu\text{M}$ multilayer PA/PE) på en kammermaskin (Webomatic, Supermax C). Hver loin ble tildelt en unik id og ble tilfeldig sortert til de seks ulike kjedene. Etter vakuumpakking ble loinsene lagret på is på kjølerom ($3,5^{\circ}\text{C}$) frem til de ble distribuert til sine kjeder (n=8 loins pr kjede).

3.4 Innfrysning, tining og temperaturmåling

For hver kjede i forsøket ble det plassert temperaturloggere i kjernen av to tilfeldig valgte produkter av typen iButton (DS1922L, oppløsning $0,0625\text{ K}$, nøyaktighet $\pm 0,5\text{ K}$). Loggerne ble satt inn i det punktet i produktet

som ble ansett som tykkest (termisk senter bedømt med hensyn på lengde, bredde og tykkelse) ved å skjære et snitt med skalpell (Figur 4). Loggerne ble programmert til å logge temperatur hvert 10. minutt i den hensikt å beskrive temperaturforløpet for hver kjede under hele forløpet. For produktene i fryse-tine-kjedene ble det i tillegg plassert en ekstra logger i kjernen med en frekvens på 90 sekunder for å fange opp temperaturutviklingen under innfrysning og opptining.



Figur 4: Plassering av knappellogger i loins

For de to kjedene med hurtigtining ble et ekstra produkt instrumentert med temperaturlogging for å beskrive temperaturutvikling i kjerne, men også overflate under tineforløpet. Til dette ble det benyttet temperaturlogger med termotråd (Testo 176 T4 m/TC type K, oppløsning 0,1 K, nøyaktighet $\pm 0,3$ K), med en tråd ført inn i kjernen og en tråd ført rett innunder overflaten på hvert produkt, med en loggefrequens på 30 sekunder. All instrumentert fisk ble veid og målt dimensjoner på (lengde, bredde og tykkelse).

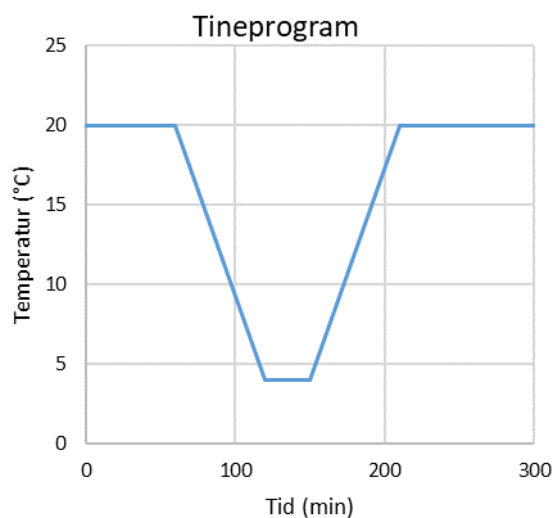
Omgivelsestemperatur på kjølerom (2 °C og 4 °C), fryserom, tineskap og arbeidsrom (grovkjøkken) ble også logget under forsøkene med HOBO-loggere (UA-002-64, oppløsning 0,14 K, nøyaktighet $\pm 0,53$ K).

Produktene i kjølt kjede ble plassert på kjølerom ved to temperaturer, 2 °C og 4 °C innen 5 timer etter pakking, mens produktene i Refresh-kjedene ble plassert på fryserom (-28 °C) innen 6 timer etter pakking. Under innfrysing ble produktene spredd utover for å sikre lik og rask innfrysing av alle produktene (Figur 5). Produktene ble fryselaagret i 40 timer (langsom tining) og 60 timer (hurtig tining).



Figur 5: Plassering av loins på fryserom

To ulike tineregimer ble benyttet under forsøket, langsom og hurtig tining. Langsom tining ble utført på kjølerom ved 4 °C i 16 timer med produktene plassert spredt på rister. Hurtig tining ble utført i tineskap (Termaks KB8400F) med programmet som vist i grafen under (Figur 6). Tiningen ble avsluttet så raskt det ble registrert kjernetemperatur på 0 °C.

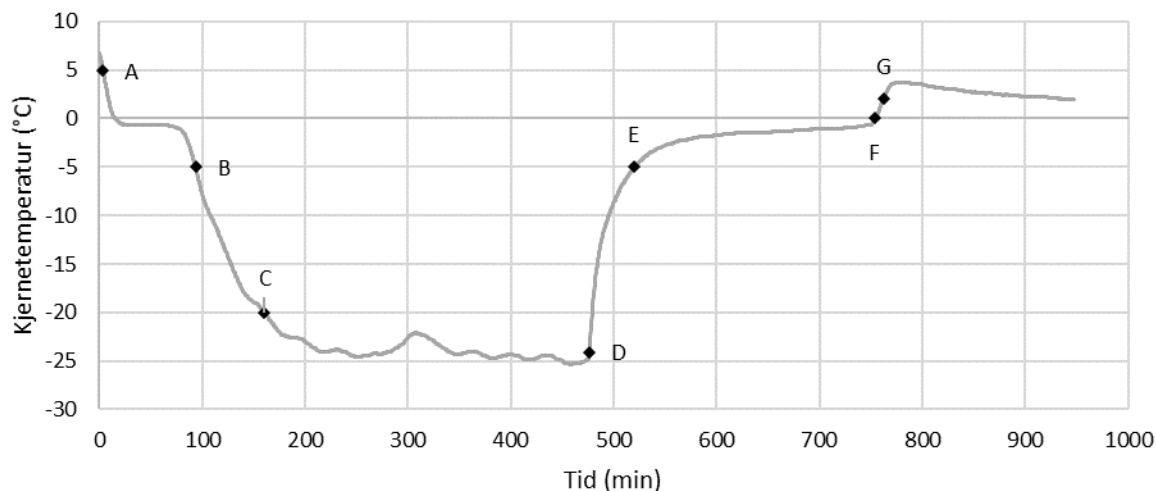


Figur 6: Programmert temperaturforløp under hurtig tining (t.v.). Utførsel av hurtig tining i tineskap; produkter plassert spredt på rister med temperaturlogger til høyre i bildet (t.h.)

Etter tining ble produktene plassert på kjølerom ved 2 °C og 4 °C hvor de ble oppbevart frem til uttaksdag, totalt 14 dager.

For å fastsette tider det tar for å fryse inn og tine opp produktene ble følgende definisjoner innført basert på de resulterende temperaturkurvene for hvert produkt (Figur 7):

Fryse- og tinekurve



Figur 7: Fastsetting av innfrysning- og tineperioder

- A: Start innfrysning ($T_{kjerne} = 5\text{ °C}$)
- B: Fryseplatå passert ($T_{kjerne} = -5\text{ °C}$)
- C: Fryselagringstemperatur nådd ($T_{kjerne} = -20\text{ °C}$)
- D: Tining starter (definert ved å studere temperaturkurvene, markant knekk i kurve)
- E: Tineplatå starter/temperering ferdig ($T_{kjerne} = -5\text{ °C}$)
- F: Tineplatå passert ($T_{kjerne} = 0\text{ °C}$)
- G: Kjerne har nådd omgivelsestemperatur ($T_{kjerne} = 2\text{ °C}$)

Ved å benytte disse definisjonene er det mulig å fastsette ulike tider for innfrysning- og tineperioden. I denne rapporten er innfrysningstid definert som differansen C-A (+5 °C til -20 °C) og tineid som differansen F-D (start tining til 0 °C).

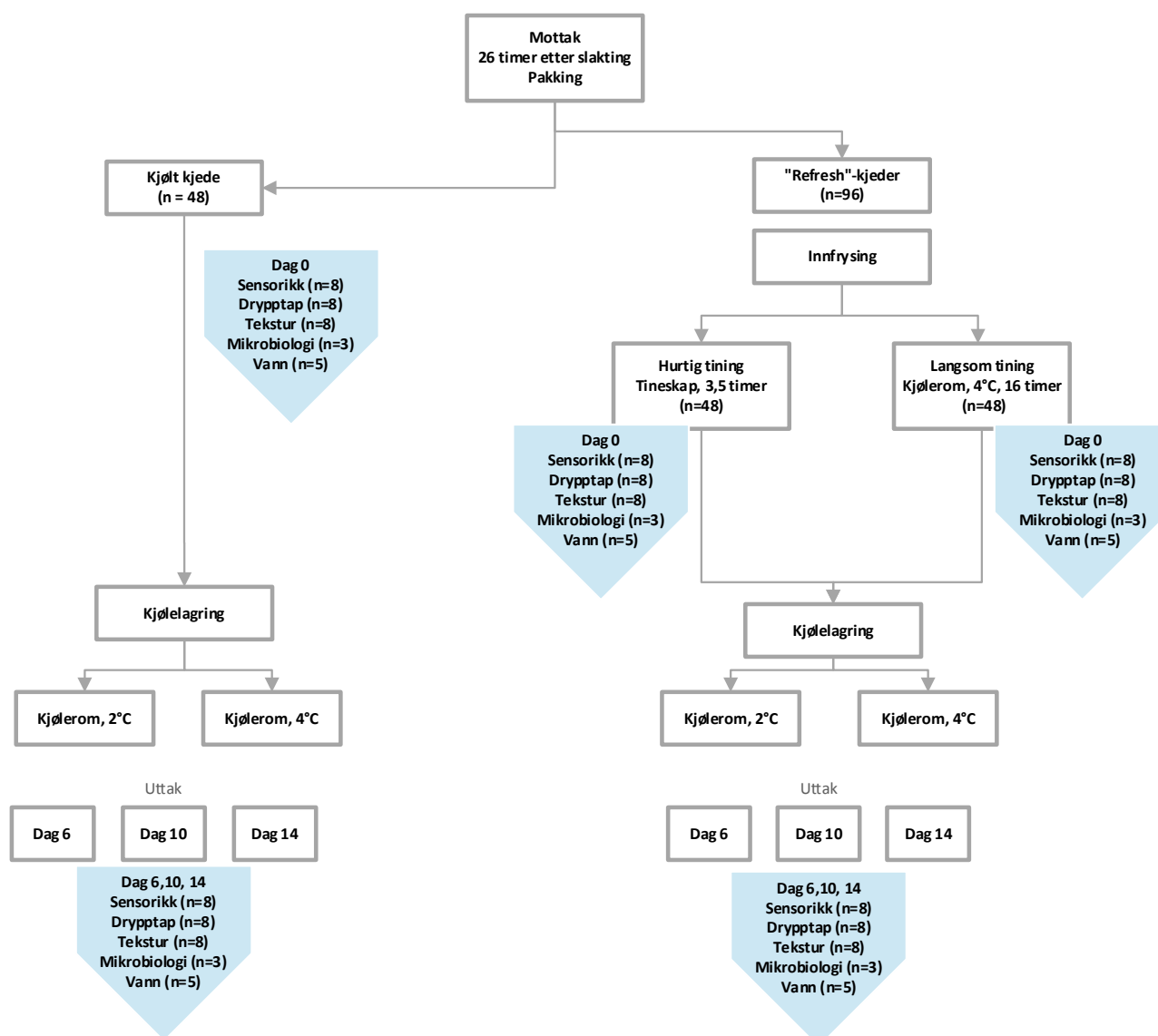
3.5 Analyser og kvalitetsvurdering

Følgende analyser ble gjennomført i studien:

- Sensorisk vurdering av produkt i pakke
- Sensorisk vurdering av lukt, farge, gaping, utseende og konsistens på rå loins
- Drypptap
- Tekstur
- Mikrobiologiske analyser av totalkim, H_2S -produserende bakterier og melkesyrebakterier
- Kjemiske analyser av vann, protein og fett

Loinsene ble vurdert ved mottak, ca ett døgn etter slakting. Dette er satt som dag 0 for de kjølte (ferske) kjedene (A og B). For produktene i "Refresh"-kjedene (kjede C – F) er dag 0 satt til 16 timer etter tiningen startet for de langsomt tinte prøvene og så raskt opptiningsprogrammet var gjennomført for de hurtig tinte prøvene (ca 5 timer). Deretter ble prøver fra alle seks kjedene analysert etter 6, 10 og 14 dagers kjølelagring.

En oversikt over analyser og uttak er gitt i Figur 8.



Figur 8: Uttak og analyser i forsøket

3.5.1 Drypptap

Vekttapet (%) som følge av drypptap under lagring ble bestemt ved å veie loinsene før pakking og ved uttakstidspunkt. Vekttapet ble beregnet som prosentvis endring av vekt fra start og slutt. Startvekten ble registrert ved mottak av loinsene, ca ett døgn etter slakting mens sluttvekten ble registrert på 8 loins fra hver kjede på hver uttaksdag (dag 0, 6, 10 og 14). Sluttvekten på loinsene ble registrert etter at de hadde ligget et filterpapir (Whatman filter nr 1) i cirka 5 minutter. I tillegg ble vektøkningen på filterpapiret registrert og beregnet som %vektøkning.

3.5.2 Sensorisk vurdering

3.5.2.1 Forstudie, utarbeidelse av skjema og trening av dommere

I forstudien undersøkte to dommere kvalitetsendringer for rå kjølte og fryst-tinte lakseloins over en periode på 16 dager. Dommerne beskrev ulike attributter som endret seg, så som lukt, konsistens og utseende og ga også en beskrivelse av hva det luktet (friskt, syrlig, råtten). Basert på resultatene fra forstudien ble

parametere til hovedstudien valgt ut. QIM-skjema (Roiha et al, 2018) og industritest (Erikson et al, 2009) ble brukt som veiledning for å utarbeide skala for gaping og konsistens. For de øvrige skalaene ble erfaringer fra forstudiene benyttet.

Et vurderingsskjema ble utarbeidet basert på observasjoner i forstudien (Vedlegg 1).

Før oppstart av sensorisk vurdering ble skjemaet gjennomgått med alle dommerne som skulle være med i studien.

3.5.2.2 Hovedforsøk

Den sensoriske vurderingen i hovedforsøket ble gjennomført av 4 - 5 semi-trente dommere ved hvert uttak. 8 - 10 rå loins fra hver kjede ble vurdert ved hvert uttak. Alle dommerne vurderte hver prøve individuelt i tilfeldig rekkefølge. De sensoriske egenskapene ble vurdert i henhold til skjema utarbeidet i forstudie.

Prøvene ble hentet fra kjølerom 2°C og 4°C, rett før testen startet.



Figur 9: Gjennomføring av sensorisk vurdering

Sensorisk vurdering av produkt i pakke ble undersøkt ved visuell vurdering av mengde væskeslipp og fargen på væskeslippet før pakkene ble åpnet. Mengden væskeslipp ble vurdert på en 4-punkts skala, fra 0 (0 slipp) til 3 (stort væskeslipp). Fargen på væskeslippet ble vurdert på en 5-punkts skala (0=blankt, 1= hvitt, 2= gult, 3=rosa, 4=rødt).

Lukt ble vurdert rett etter åpning av pakken ved at dommerne luktet på fisken mens den lå i emballasjen. Så raskt alle dommerne hadde luktet på fisken mens den lå i pakken (total tidsbruk for alle dommere var ca 1 minutt og 30 sekunder), ble fisken tatt ut av emballasjen og lagt på et filterpapir på et brett. Etter 10 minutter ble lukt vurdert på nytt. Lukt ble vurdert ved hjelp av to skalaer, en for syrlighet og en for fiskelukt, rett etter åpning og etter 10 minutter. Skalaen for syrlig lukt besto av 5 punkt; 0=luktfri, 1=litt syrlig, 2=syrlig, 3=syrlig, 4=eddik. Skalaen for fiskelukt bestod av 5 punkt; 0=luktfri, 1= frisk, 2= litt fiskelukt, 3= sterk fiskelukt, 4= sur, søtlig, råten.

Farge ble vurdert på skinnsiden både ved hjelp av SalmoFan (The SalmoFan™ lineal) og visuelt ved bruk av en 5-punkts skala. Ved bruk av SalmoFan ble fargen vurdert midt på loinsen mens loinsen lå på et hvitt

filterpapir på et brett (Figur 9). Skalaen på SalmoFan gikk fra 11 – 18. Ved den visuelle vurderingen ble følgende skala benyttet; 0= hvit, 1=gul, 2=lys rosa, 3=rosa (naturlig), 4=mørk rosa.

Gaping ble vurdert på skinnsiden mens loinsene lå på et hvitt filterpapir på et brett og uten at loinsene ble løftet på ved alle uttak. Gaping ble også vurdert på filetsiden ved hjelp av bildeanalyse på dag 10 og 14. Gaping ble vurdert på en 5-punkts skala (0=ingen gaping, 1=1-2 små, 2=>5 små spalter, 3=store spalter, 4=oppløsning).

For å evaluere utseende på loinsene ble fuktighet på oversiden av loinsene vurdert på en 4-punkts skala (0=tørr, 1=litt fuktig, 2=fuktig, 3=vandig) på skinnsiden mens loinsene lå på et filterpapir.

Konsistens ble vurdert på skinnsiden ved lett fingertrykk som beskrevet i "industritesten" (Erikson et al, 2009) og vurdert uti fra synlighet av fingertrykket eller om fingeren gikk igjennom. Det ble benyttet en 4-punkts skala (0=fast, 1=litt bløt - fingertrykk synes, 2=bløt – tydelig fingertrykk, 3=oppløsning – finger går igjennom).

Parameterne mengde væskeslipp i pakken, lukt (tid 0 og 10 min), gaping, fuktighet og konsistens ble summert opp til en totalscore (0 – 29) som er benyttet ved sammenligning mellom gruppene. 0 indikerer ingen tap av kvalitet. Dess høyere score, dess lavere har dommerne vurdert den sensoriske kvaliteten ved uttakstidspunktet.

3.5.3 Tekstur

Teksturmålingene ble utført ved hjelp av en Texture Analyser Plus TA XT.2 (Stable Micro System UK). Det ble benyttet en veiecelle på 5 kg og en sylinderformet probe, som hadde flat bunn og diameter 12 mm. Hastigheten til proben både før og under målingene ble satt til 1,0 mm/sekund. Endepunktet for målingen ble satt til 30 % av initiell loinshøyde. Målingene ble utført på skinnsiden på 8 loins fra hver kjede ved dag 0, 6, 10 og 14. Det ble gjort 3 teksturmålinger på hver loins (se Figur 10). Resultatene er gitt som kraften (g) som trengs for å komprimere loinsen til 30% av initiell loinshøyde.



Figur 10: Plassering av nedtrykk ved teksturanalyser

3.5.4 Mikrobiologiske analyser

Hver uttaksdag ble mikrobiell status undersøkt for tre paralleller fra hver kjede og sendt til eksternt laboratorium for analyse. Prøvene av loins ble analysert for totalkim (NMKL 184), H₂S-produserende bakterier (NMKL 184) og melkesyrebakterier (intern metode Analysesenteret, Trondheim). For Refresh-kjedene ble det i tillegg tatt svaberprøver av overflaten på dag 0 etter at tiningen var gjennomført. Resultater for prøver av loins er presentert som log₁₀ cfu/g, mens resultater fra svaberprøver er presentert som cfu/g.

3.5.5 Kjemiske analyser

Vann- og tørrstoffinnhold ble analysert på mottaksdag, etter tining for de hurtig tinte prøvene og på dag 14 for kjedene kjølt 4°C og hurtig tint, 4°C. Vanninnholdet i prøvene ble bestemt ved å tørke homogenisert råstoff i varmeskap ved 105 °C over natten. Vann-/tørrstoffinnholdet ble beregnet som massetap etter tørking og presentert i prosent vann/tørrstoff i prøven. Resultater er presentert som gjennomsnittlige verdier fra fem paralleller fra hver uttaksdag.

Fett og protein ble analysert på mottaksdag ved eksternt laboratorium (ETYLACE).

3.6 Statistikk

SPSS versjon 27 og Microsoft Excel ble brukt for dataprosessering, grafisk representasjon av resultater og statistiske analyser. I figurer og tabeller er gjennomsnittsverdier av n=8 prøver for hver kjede ved hvert uttak med standardavvik gitt, om ikke annet er angitt. MANOVA ble benyttet for å vurdere om det var signifikante forskjeller for ulike kvalitetsparametere ved ulike uttakstidspunkt og lagringstemperaturer mellom gruppene. Nivå for signifikans ble satt til p<0.05. Det ble gjennomført korrelasjonsanalyser for å studere lineær samvariasjon mellom utvalgte par av variabler, for eksempel konsistens målt objektivt med teksturmåler og fingertrykk i den sensoriske testen. Korrelasjonen, angitt som r² sier noe om retning og styrken på sammenhengen (-1 = perfekt negativ korrelasjon, 0 = ingen korrelasjon og +1 = perfekt positiv korrelasjon).

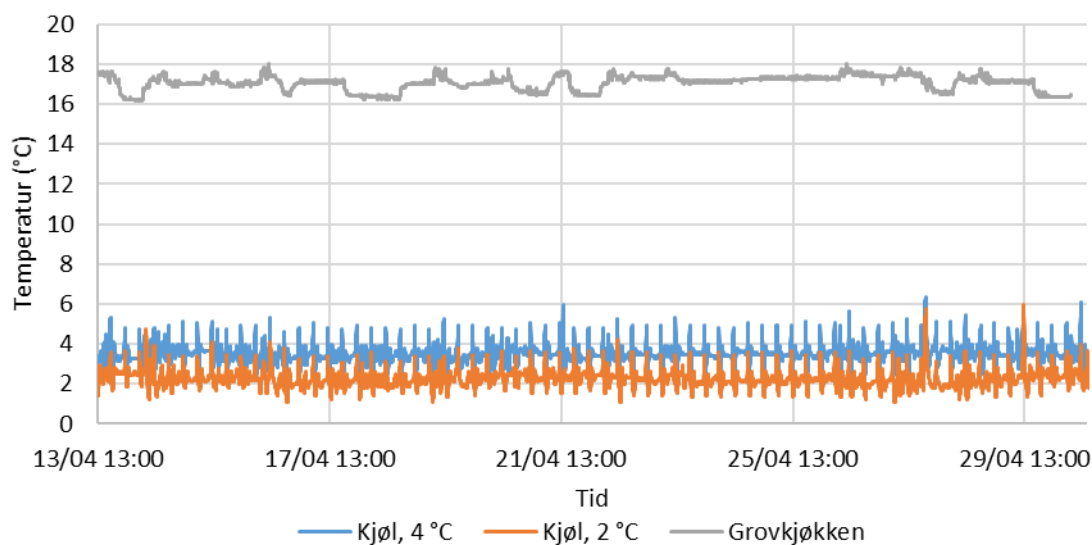
4 Resultat

4.1 Råvare

Gjennomsnittlig startvekt for alle loinsene som inngikk i forsøket var 193,2±5,95 gram. Det var ingen signifikante forskjeller i startvekten mellom de ulike gruppene (p<0,05). Vanninnholdet i råvarene var i snitt 62,7 g/100g, fettinnholdet 14,5 g/100 g og proteininnholdet 20,9 g/100 g. Hovednæringsstoffene i filet av laks generelt fordeler seg med om lag 69% vann, 18,4% protein, 9,9% fett og <0,1% glykogen (Lynum 2005).

4.2 Temperatur

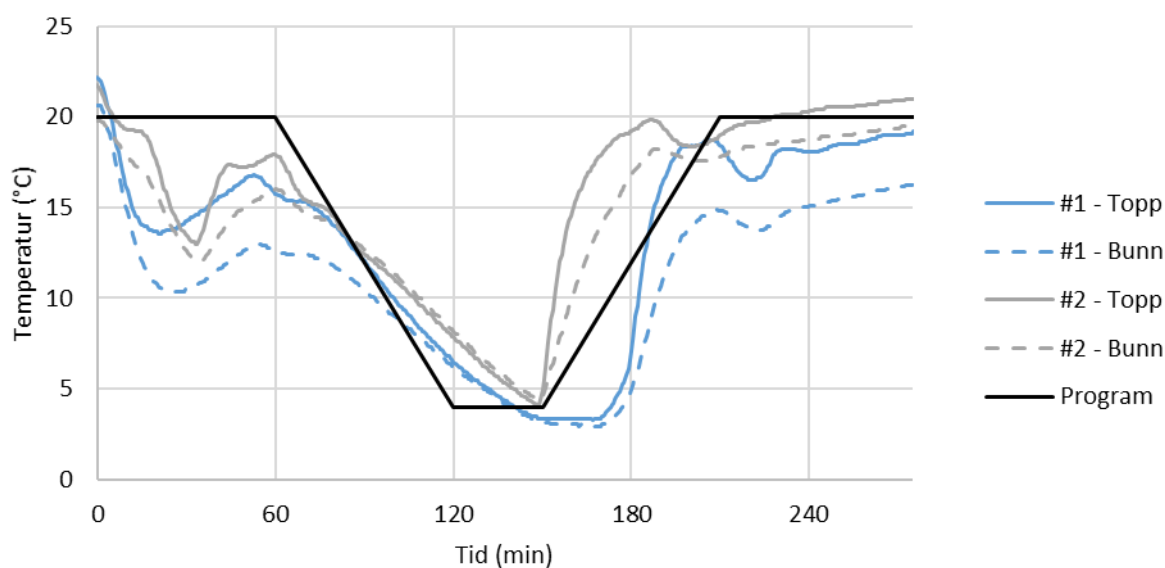
Omgivelsestemperaturer på kjølerommene og arbeidsrom for hele forsøksperioden (13.04 til 30.04) er vist i Figur 11. Temperaturlogger på fryserom var defekt og dermed ble det ikke registrert temperaturer under lagringsperioden. Temperaturkurver fra produktene under fryseperioden viser ingen betydelig temperaturvariasjon utenom naturlig svingninger. Innfrysingen startet cirka 30 timer post mortem.



Figur 11: Omgivelsestemperaturer på kjølerom og grovkjøkken under hele forsøksperioden

Gjennomsnittlig ($\pm$ SD) temperatur for perioden var registrert til $3,5 \pm 0,5$ °C, $2,3 \pm 0,5$ °C og $17,1 \pm 0,4$ °C på henholdsvis kjølerom 4 °C, kjølerom 2 °C og grovkjøkken.

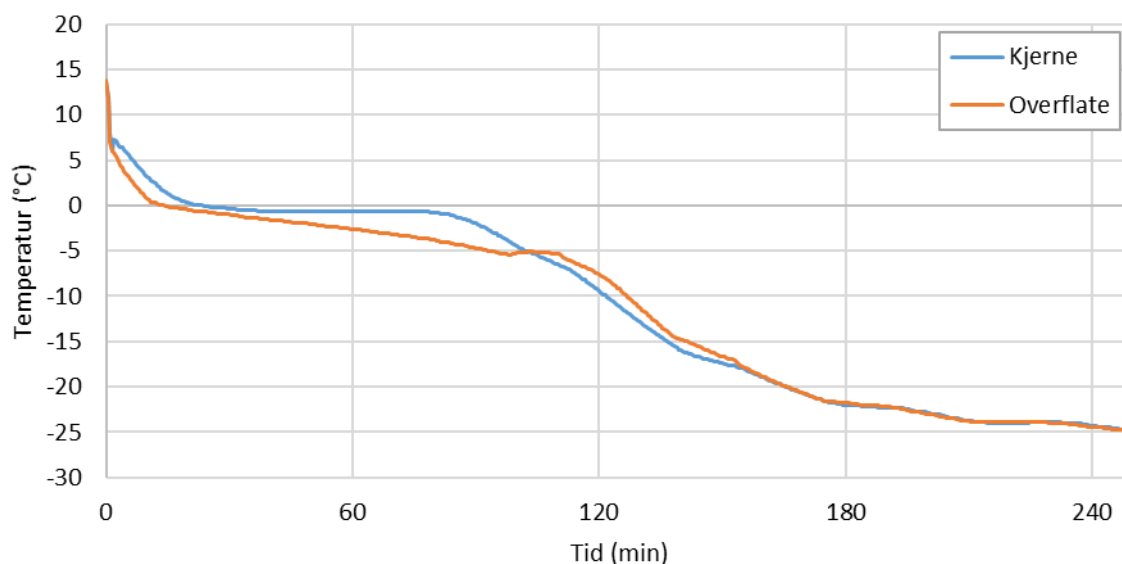
Temperaturforløpet i tineskapet underveis de to rundene med hurtig tining vises i Figur 12, og ble registrert med to temperaturloggere; en i topp og en i bunn.



Figur 12: Temperaturforløp i tineskap under hurtig tining

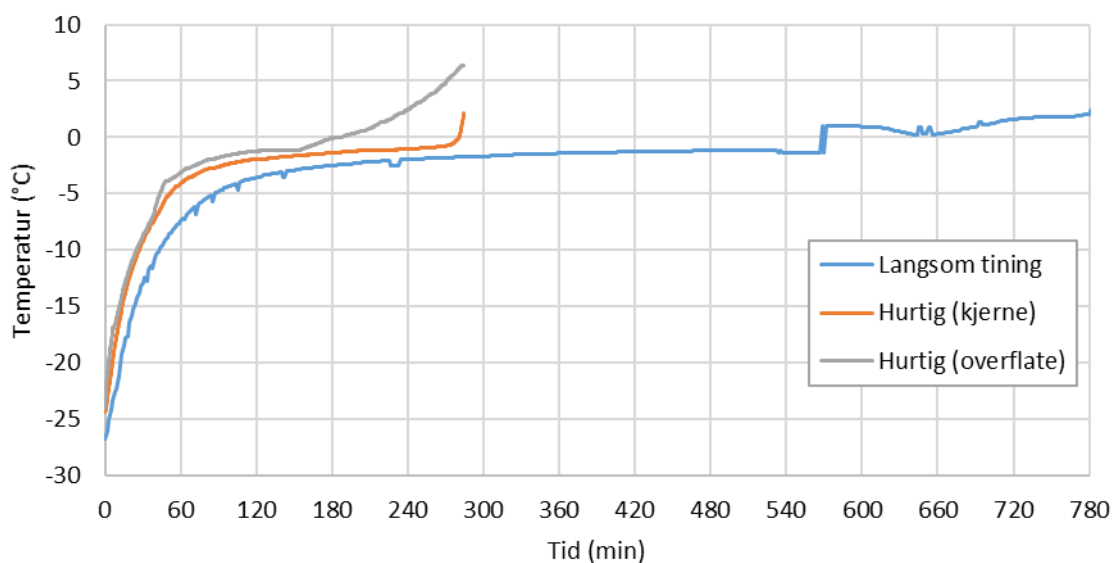
Det ble i begge runder registrert et ganske stort avvik fra programmert tid-temperatur-kuve, spesielt merkbart i starten av hver runde hvor tineskapet slet med å regulere til settpunkts-temperatur på 20 °C. Derneft ble det også registrert et avvik mellom hver runde, hvor runde #2 kan sies å ligge nærmere tilsiktet program enn runde #1. Utslagene av disse avvikene var hovedsakelig lengre tineetid enn planlagt, men fortsatt signifikant kortere enn langsomt tineprogram og ble vurdert til å ikke forstyrre forsøkets hensikt med å studere effekt av ulikt tineprogram.

I tillegg ble det registrert, som forventet, en temperaturforskjell i tineskapets høyde. Temperaturen var for begge runder målt høyere i toppen, med en gjennomsnittlig forskjell på henholdsvis $2,3 \pm 1,5$ °C og $1,3 \pm 1,3$ °C for runde #1 og #2, men med avvik målt så høy som 5 °C.



Figur 13: Innfrysingskurve for et produkt

Figur 13 viser innfrysingskurven for et av produktene som var instrumentert med målepunkter i kjerne og overflate. I tråd med teori og forventninger ble det registrert en innledende kjøleperiode med en påfølgende faseendringsperiode der kjernetemperaturen var mer eller mindre konstant. Overflatetemperaturen fortsatte å synke derimot, og illustrerer at et matprodukt som behandles termisk (kjøling, frysing, tining) har en intern temperaturgradient.



Figur 14: Tinekurver for to produkter; hurtig og langsom tining

Figur 14 viser temperaturutvikling i produkter for både hurtig og langsom tineprosess. For produktet som ble tint hurtig var det målepunkter i både kjerne og overflate, mens for produktet som ble langsomt tint var det bare måling i kjerne. Siden den langsomme prosedyren innebærer tining i omgivelsesluft på 4 °C kan man stadfeste at overflatetemperaturen aldri vil overstige dette. For den hurtige tineprosessen derimot benyttes det luft på opptil 20 °C og det var av mattrygghetsgrunner (mulig økt bakterievekst) interessant å se hvor høy overflatetemperaturen ble med slik "aggressiv" tining. Av kurven (Figur 14) later det til at det emballerte produktet aldri oversteg overflatetemperaturer høyere enn 6,4°C og at temperaturen var høyere enn 4°C i maksimalt 20 minutter. Resultater fra mikrobiologi-analyser er presentert lengre ned. Tinetidene var henholdsvis 229 og 527 minutter for gruppene hurtig og langsom tining.

4.3 Lagringsstudie

4.3.1 Utvikling over tid

Loinsene i de kjølte kjedene hadde bedre sensorisk lagringsstabilitet, bedre tekstur og lavere drypptap enn de fryst/tinte prøvene gjennom hele kjølelagringsperioden på 14 dager, slik resultatene i Tabell 1 viser. På dag 6 ble det imidlertid ikke observert så store forskjeller i sensorikkscore mellom "Refresh"-kjedene og de kjølte kjedene, selv om den for noen kjeder fortsatt var signifikant ($p < 0,05$). De største endringene i parametere knyttet til tekstur og drypptap skjedde mellom dag 0 og dag 6 for de fryst/tinte kjedene. Det ble ikke observert tydelige signifikante forskjeller i de målte kvalitetsparameterne mellom de to tinemetodene.

Detaljer for hver parameter som inngikk i lagringsstudien er beskrevet i kapitlene 4.3.2 til 4.3.5. Tabell 1 oppsummerer utvikling over tid for de seks kjedene og hovedparameterne som inngikk i forsøket.

I denne studien hadde vi fokus på å måle ulike parametere både objektivt ved hjelp av instrumentelle målinger og subjektivt ved å benytte menneskelige sanser og observasjoner. Korrelasjonsanalyser for noen av parameterne som inngikk i studien er oppsummert i Tabell 3.

Tabell 1: Tabellen viser utvikling over tid for de 6 kjedene og hovedparameterne som inngikk i forsøket.

	Parameter	Kjøll		Hurtig tint		Langsom tint	
		2	4	2	4	2	4
Lagringstid kjøll	0 Vekttap (%)	n.a. ^K		2,5±0,4 ^I		3,6±0,7 ^{HIJ}	
	Total score sensorikk (0-29)	1,3±0,4 ^A	1,3±0,4 ^A	4,2±0,9 ^B	4,2±0,9 ^B	5,1±0,6 ^{BC}	5,1±0,6 ^{BC}
	Tekstur (g)	597±94 ^H	597±94 ^H	564±74 ^{GH}	564±74 ^{GH}	491±105 ^{CDEFGH}	491±105 ^{CDEFGH}
	6 Vekttap (%)	3,6±0,6 ^{HIJ}	2,7±0,5 ^{IJ}	5,9±1,8 ^{CDEFGH}	6,2±1,0 ^{ABCDEF}	7,1±1,5 ^{ABCDE}	6,1±1,9 ^{BCDEFG}
	Total score sensorikk (0-29)	5,3±0,7 ^{BC}	5,7±1,1 ^{BCD}	6,5±0,7 ^{CDE}	7,4±1,1 ^{DEF}	7,7±1,3 ^{EFG}	7,4±1,2 ^{DEF}
	Tekstur (g)	573±105 ^{GH}	481±52 ^{CDEFGH}	363±71 ^{ABCD}	368±78 ^{ABCD}	419±85 ^{ABCDEF}	351±92 ^{ABC}
	10 Vekttap (%)	3,9±1,2 ^{GHIJ}	4,0±0,8 ^{FGHIJ}	6,8±1,4 ^{ABCDE}	7,9±1,5 ^{ABC}	8,2±1,4 ^{AB}	7,1±1,7 ^{ABCD}
	Total score sensorikk (0-29)	6,3±0,9 ^{CDE}	7,7±1,2 ^{EFG}	9,6±1,4 ^{HIJ}	10,3±1,2 ^{IJ}	11,4±1,3 ^{JK}	9,1±1,2 ^{FGHI}
	Tekstur (g)	453±92 ^{BCDEFG}	546±68 ^{FGH}	372±84 ^{ABCDE}	351±72 ^{ABC}	312±67 ^{AB}	366±34 ^{ABCD}
	14 Vekttap (%)	4,8±1,1 ^{EFGHI}	4,9±1,2 ^{DEFGHI}	6,8±1,3 ^{ABCDE}	7,2±2,0 ^{ABCD}	8,5±2,0 ^A	7,4±1,6 ^{ABC}
	Total score sensorikk (0-29)	7,9±1,0 ^{EFGH}	9,4±1,0 ^{GHI}	10,4±1,1 ^{IJ}	13,2±1,2 ^K	12,4±0,9 ^K	12,5±1,3 ^K
	Tekstur (g)	515±55 ^{EFGH}	497±62 ^{DEFGH}	296±38 ^A	320±62 ^{AB}	316±63 ^{AB}	336±79 ^{AB}

Ulike bokstaver indikerer signifikant forskjell ($p < 0,05$)

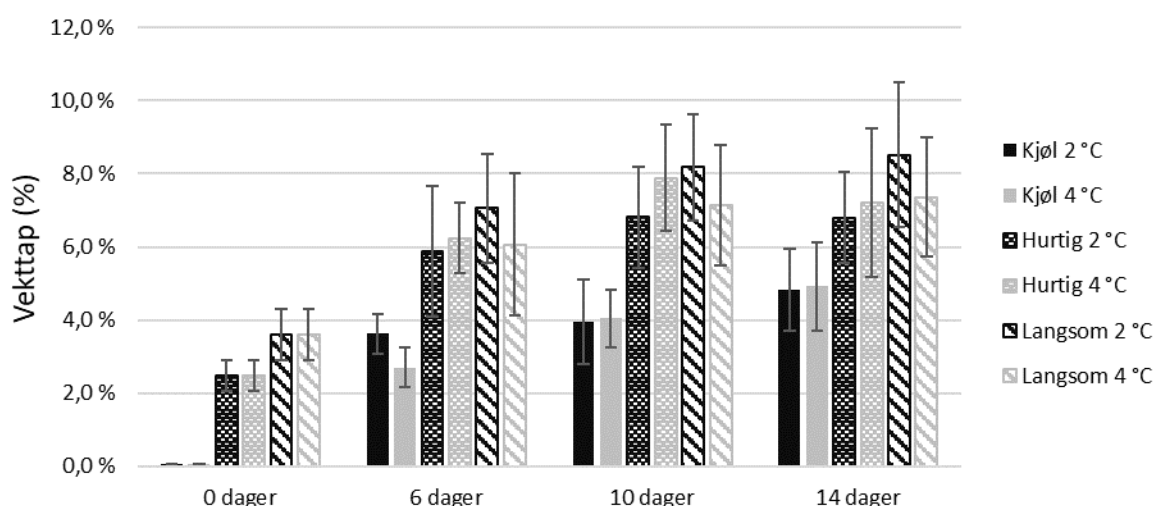
Tabell 3: Korrelasjon mellom ulike parametere

	Konsistens	Vekttap	Vektøkning filterpapir	Mengde væskeslipp	Utseende
Tekstur (instrumentell)	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,6
Konsistens (fingertrykk)		0,54	0,43	0,57	0,62
Vekttap loins			0,49	0,85	0,65
Vektøkning filterpapir				0,55	0,51
Mengde væskeslipp i pakken					0,61

4.3.2 Drypptap etter tining og under kjølelagring

Drypptapet ble målt på to ulike måter i forsøket, både som vekttap av loinsene og som vektøkning av filterpapir etter at loinsene hadde ligget på filterpapiret i fem minutter. Vekttapet eller vektøkningen ble beregnet som prosentvis endring i vekt fra startvekt. De to metodene viste god korrelasjon med hverandre ($r=0,49$, $p<0,01$).

Tabell 1 og Figur 15 viser gjennomsnittlig vekttap for loinsene i % av startvekt etter opptining (dag 0) og etter kjølelagring i 6, 10 og 14 dager.



Figur 15: Vekttapet i % av startvekt for hver uttaksdag (n=8)

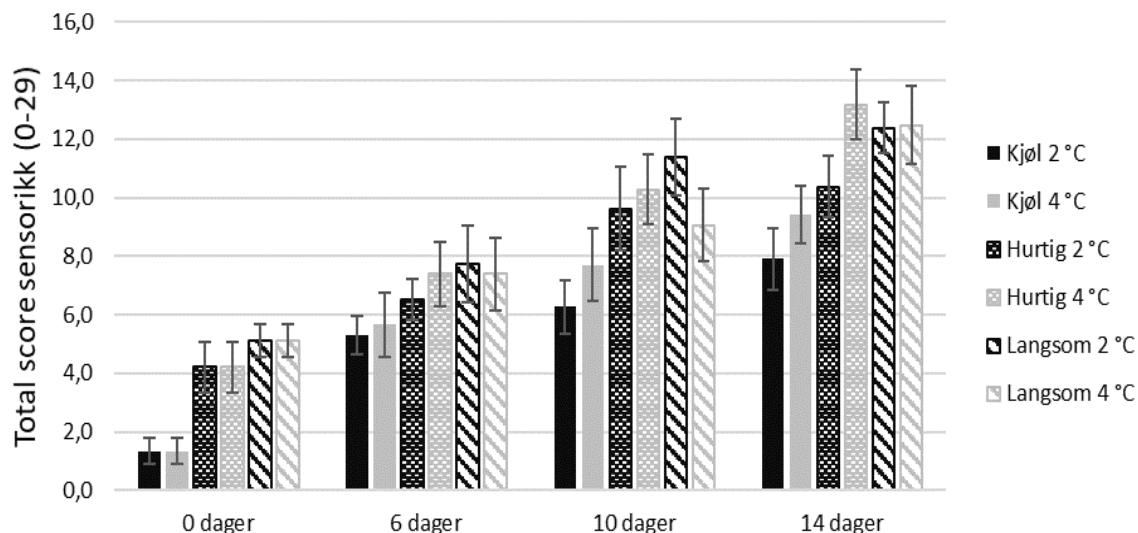
Dag 0 representerer tinetapet for de fryst/tinte kjedene. Tinetapet utgjorde i snitt 64 % av totalt drypptap for de hurtig tinte prøvene og 56 % for de langsomt tinte prøvene.

Drypptapet økte med lagringstiden ($p<0,05$). Resultatene presentert i Figur 15 viser at hovedparten av drypptapet oppsto i løpet av de seks første dagene av lagringstiden. Etter 14 dagers lagringstid var det signifikant forskjell i drypptap mellom de to kjølte kjedene (A og B), langsomt tint (E og F) og hurtig tint, 4°C (D) ($p<0,05$). Det ble ikke observert systematiske signifikante forskjeller i drypptap mellom de to kjølelagringstemperaturene, 2°C og 4°C. For de langsomt tinte kjedene er det imidlertid en tendens til at prøvene lagret ved 2°C har høyere drypptap.

4.3.3 Sensorisk vurdering

Produkt i pakke, samt loinsenes lukt, utseende og konsistens ble vurdert av 4 - 5 semi-trente dommere ved fire uttakstidspunkter (dag 0, 6, 10 og 14). En høy totalscore (0 – 29), som presentert i Tabell 1 og Figur 16

er et uttrykk for dårligere kvalitet (lukt, utseende, konsistens) ved uttakstidspunktet. Figur gir en oppsummering av de sensoriske egenskapene vurdert i denne studien, summert opp til en totalscore.



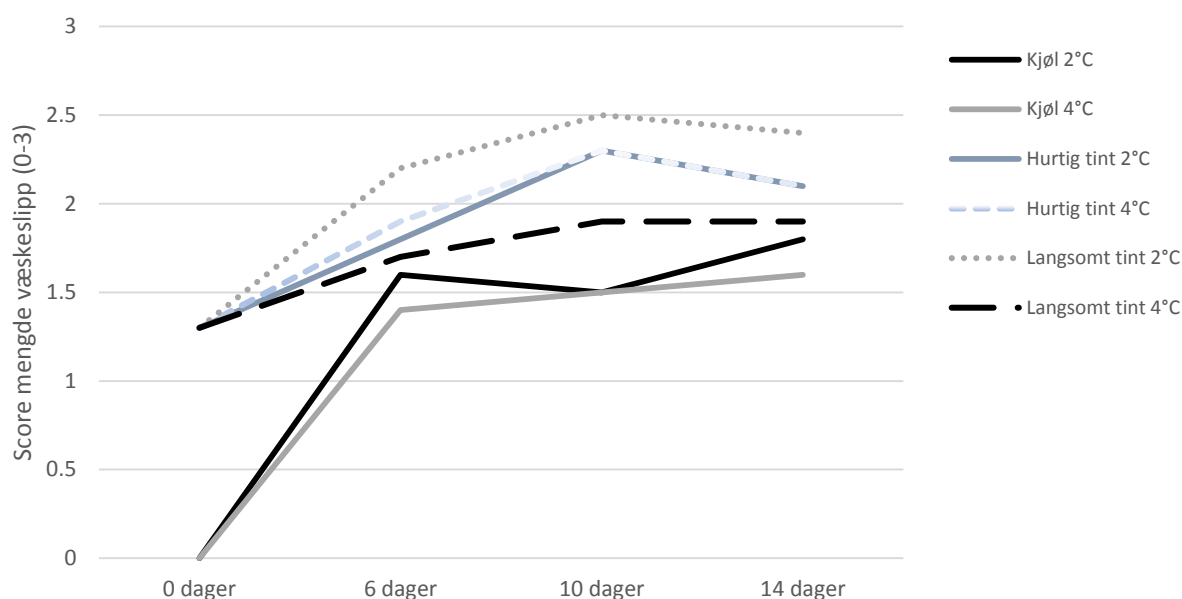
Figur 16: Total score sensorikk for alle kjeder ved de fire uttakstidspunktene i lagringsstudien (n=8)

Ved forsøksstart, ca ett døgn etter slakting, ble fiskens kvalitet vurdert som svært god med en total score på $1,3 \pm 0,4$, slik Tabell 1 og Figur 16 viser. 0-prøve for de kjølte kjedene (A og B) er satt til 26 timer etter slakting, mens dag 0 for Refresh-kjedene (C – F) er etter at de har gjennomgått en fryse- og tineprosess. Ved dag 0 var det egenskapene mengde væskeslipp og lukt i pakke, som bidro til en høyere totalscore for de fryst-tinte prøvene (som vist i Figur 17 og Figur 18). Disse egenskapene ble ikke vurdert for de kjølte prøvene på dag 0.

Totalscore økte med tiden for alle prøvene, noe som indikerer at dommerne opplever at loinsene får dårligere kvalitet utover i lagringsperioden (Tabell 1). Det er en signifikant økning i totalscore fra dag 0 til dag 6 og fra dag 6 til dag 14 for alle prøver ($p < 0,05$) (Figur 16). Ved slutten av lagringstiden var det særlig egenskapene lukt og konsistens som bidro til en høyere score for de fryst/tinte prøvene.

Selv om det ikke observeres signifikante forskjeller for alle kjeder, ser det for kjedene kjølt og hurtig tint ut til at lagringstemperatur har en effekt på dommerens vurdering av prøvene. Prøver lagret ved 4°C hadde høyere score enn prøver lagret ved 2°C, både etter 10 og 14 dagers kjølelagring.

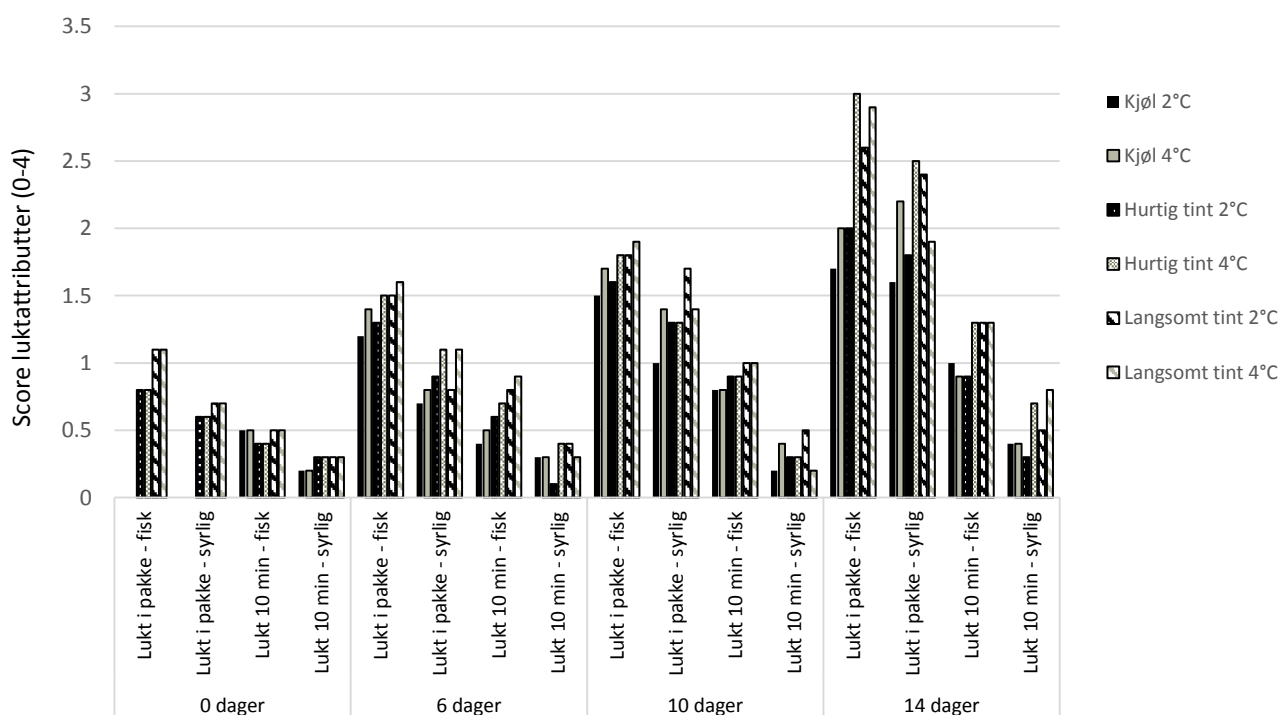
Dommerne rapporterte at mengden væskeslipp i pakken økte med tiden frem til uttaket på dag 10, slik Figur 17 viser. Fra dag 10 til dag 14 var det kun for de kjølte kjedene (A og B) at en økning i væskeslippen i pakken ble observert. De subjektive observasjonene av mengden væskeslipp i pakken korrelerer med de objektive målingene for vekttap ($r = 0,85$, $p < 0,01$) (Tabell 3).



Figur 17: Score for mengde væskeslipp observert i pakken (n=8)

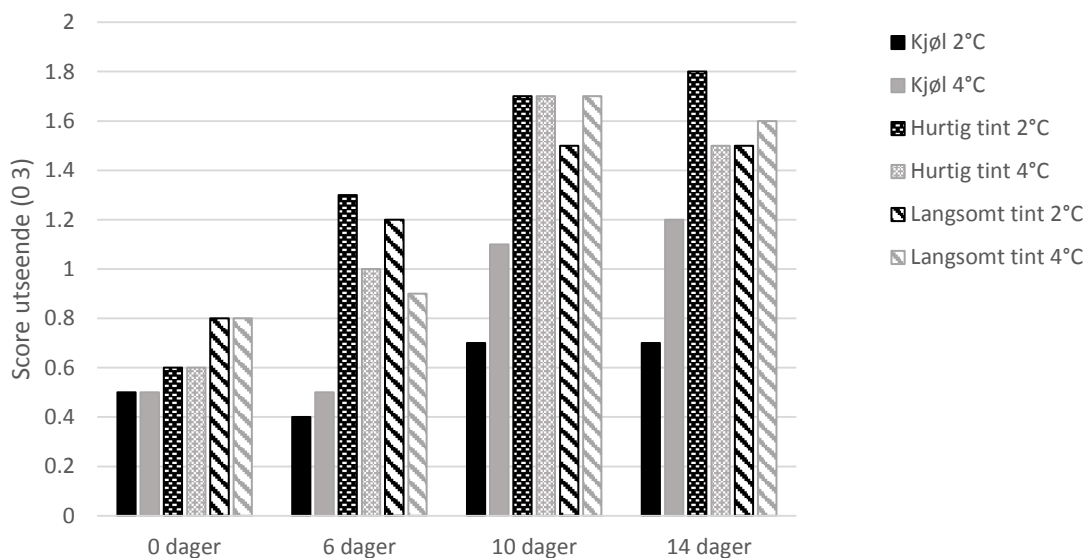
Fargen på væskeslipppet fra de kjølte kjedene (A og B) ble karakterisert som hvitt til gult gjennom hele lagringstiden (resultater ikke vist). For de fryst/tinte kjedene (C – F) ble fargen karakterisert som hvit til gul på dag 0. Ved de øvrige uttaksdagene, dag 6, 10 og 14, ble fargen beskrevet som gul til rosa.

Lukt ble vurdert rett etter åpning av pakken (tid 0) og etter 10 minutters lagring i romtemperatur uten emballasje. Dommerne karakteriserte lukten som mer intens (høyere score) på begge skalaer (fiskelukt og syrlig lukt) rett etter åpning enn etter 10 minutters "lufting". Særlig intensiteten på syrlig lukt ble karakterisert som lavere etter at loinsene hadde "luftet seg" i 10 minutter (Figur 18).

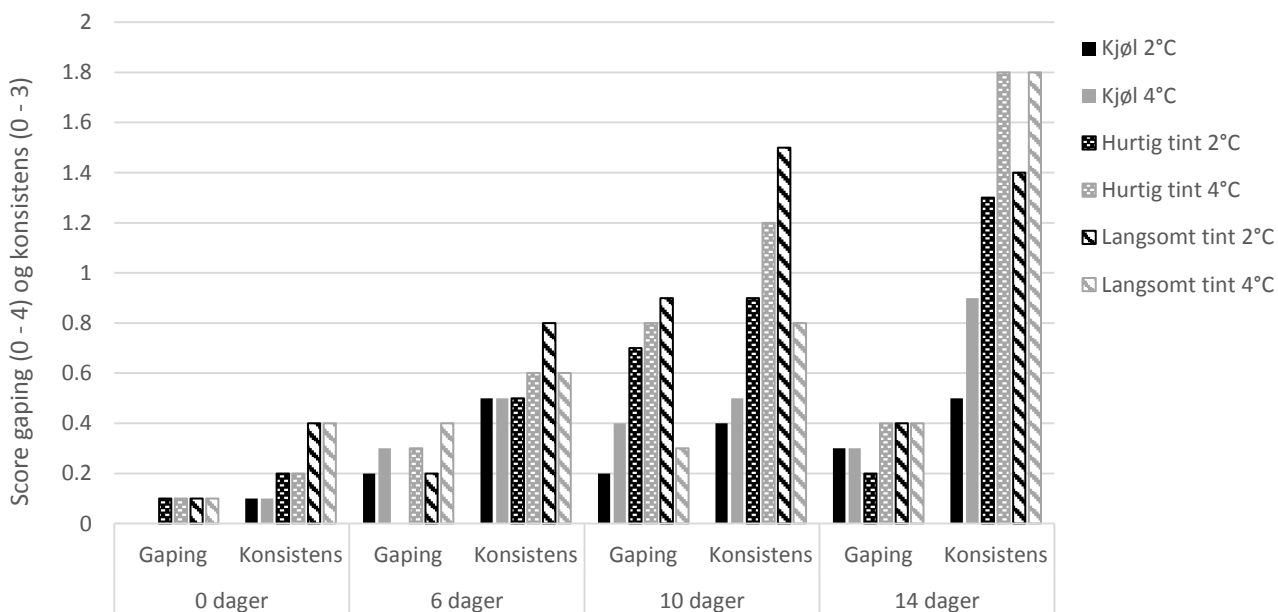


Figur 18: Sensorikk score for luktattributtene i pakken og etter at loinsene hadde luftet seg i 10 minutter (n=8)

Resultater for utseende, vurdert som fuktighet på oversiden av loinsene, viser en tendens til at loinsene som har vært fryst og tint, er mer fuktige på oversiden enn de kjølte loinsene og at dette øker med tiden frem til dag 10, slik Figur 19 viser.



Figur 19: Sensorisk vurdering av utseende (n=8)



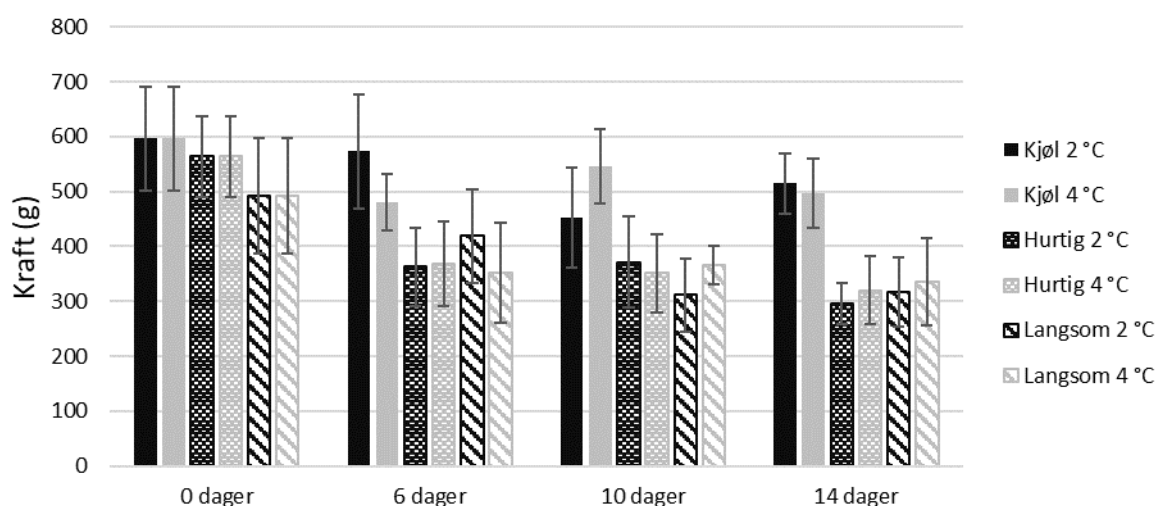
Figur 20: Sensorisk vurdering av gaping og konsistens (n=8)

Konsistensen målt som fingertrykk ble dårligere gjennom lagringsperioden, slik Figur 20 viser. Mot slutten av lagringstiden, vurderte dommerne konsistensen som et sted mellom litt bløt og bløt for de fryst-tinte loinsene, mens de kjølte loinsene ble bedømt til å være et sted mellom fast og litt bløt. Det ble observert liten grad av gaping på loinsene fra alle kjedene. Litt overraskende ble det rapportert mer gaping for noen av kjedene på dag 10 enn på dag 14.

Det ble ikke observert at fargen på loinsene, målt med SalmoFan, endret seg gjennom lagringstiden ($p < 0,05$) (resultater ikke vist). Det ble heller ikke observert signifikante forskjeller i farge mellom de ulike kjedene ($p < 0,05$). Det var imidlertid en tendens til at de kjølte loinsene var lysere (13,2, $n=16$) enn de fryst/tinte loinsene (13,9, $n=32$) etter 14 dagers lagringstid ($p > 0,05$).

4.3.4 Tekstur

Resultatene fra teksturmålingene er gitt i Tabell 1 og Figur 21. Hardhet eller fasthet er et mål på motstand fiskefiletene har ved en gitt kompresjon, i denne studien 30%. Dess høyere verdi, dess fastere er prøvene. Resultatene viser at frysing og tining påvirket fastheten til lakseloinsene og at de kjølte loinsene var hardere (det trengs mer kraft for å komprimere prøven). Ved dag 0 ble det ikke målt signifikante forskjeller i tekstur ($p < 0,05$) mellom kjedene. Teksturanalysene viste en signifikant reduksjon i fasthet for prøvene i "Refresh"-kjedene (50 %), med laveste verdier etter 14 dagers lagringstid ($p < 0,05$).



Figur 21: Endringer i tekstur gjennom lagringstiden ($n=8$)

Den største endringen i tekstur observeres etter 6 dagers kjølelagring etter opptining for Refresh-kjedene ($p < 0,05$). Ved dag 14 hadde de fryst-tinte prøvene vesentlig lavere hardhet (37%) enn de kjølte prøvene ($p < 0,05$). Loinsene fra de kjølte kjedene utpeker seg ved at det ikke observeres signifikant reduksjon i fasthet i løpet av den 14 dager lange lagringsperioden ($p < 0,05$). Optimal lagringstemperatur kan bidra til å opprettholde ønsket tekstur. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i tekstur for de to lagringstemperaturene, 2°C eller 4°C, innad i hver kjede i denne studien.

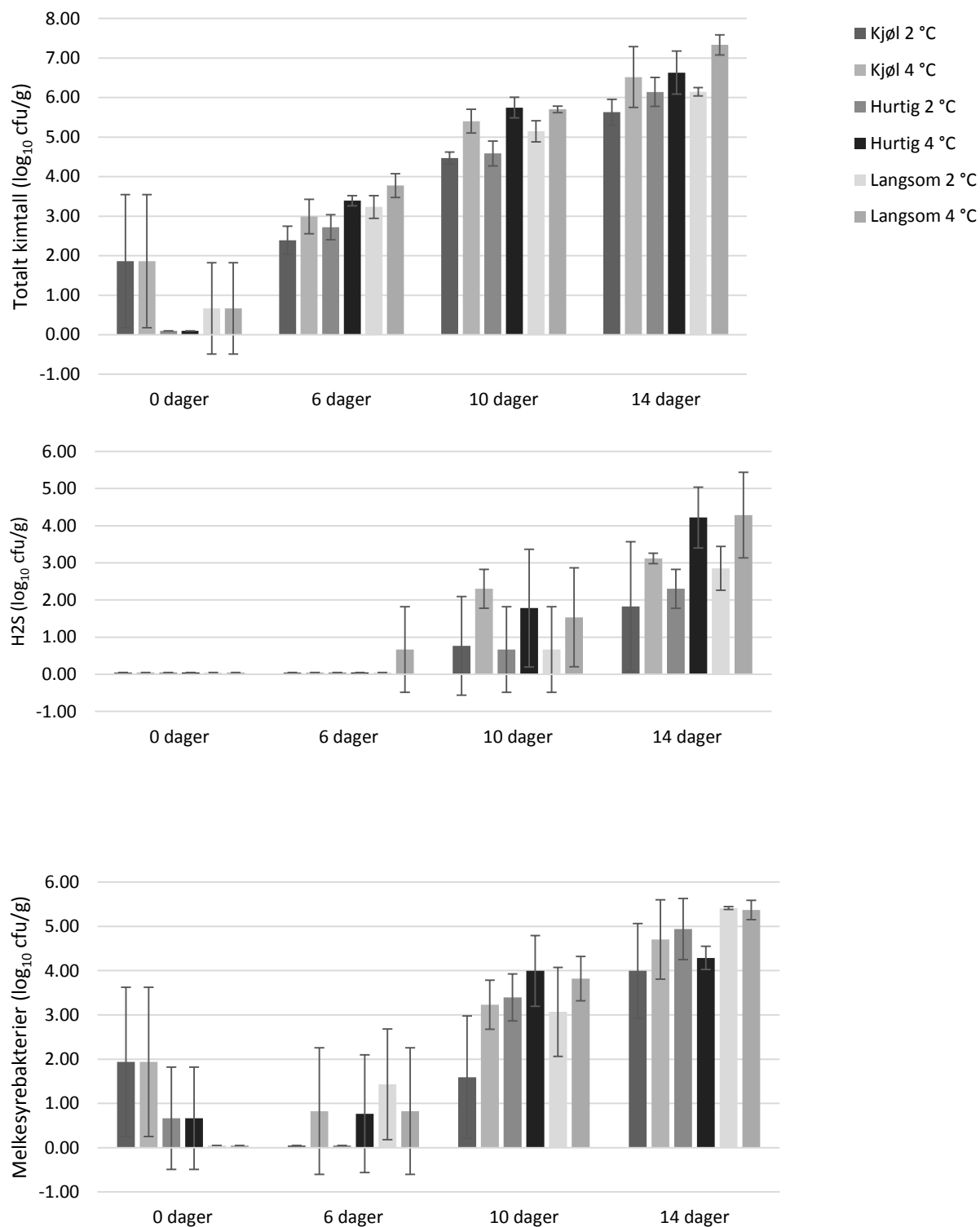
Det ble observert en sterk korrelasjon mellom konsistens målt ved de objektive teksturmålingene og fingertrykk i den sensoriske testen ($p < 0,01$), slik Tabell 3 viser. Teksturmålingene viser også en negativ korrelasjon med begge metodene for måling av drypptap (vekttap av loinsene og vektøkning på filterpapir i %) ($p < 0,01$).

4.3.5 Mikrobiologi

Resultatene fra de mikrobiologiske analysene av totalt kimtall, H₂S-produserende bakterier og melkesyrebakterier er gitt i Tabell 4 og Figur 22. På grunn av lavt antall loins fra hver kjede ved hvert uttak (n=3), og stor variasjon mellom loinsene i noen av gruppene, er det ikke gjennomført statistiske tester for signifikans på de mikrobiologiske parameterne.

Tabell 4: Tabellen viser utvikling over tid for de mikrobiologiske analysene som inngikk i forsøket.

		Kjøll		Hurtig tint		Langsom tint	
Parameter		2	4	2	4	2	4
0	Total kimtall (log cfu/g)	1,9±1,7	1,9±1,7	n.d	n.d	0,7±1,2	0,7±1,2
	H ₂ S-prod. bakterier (log cfu/g)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	Melkesyrebakterier (log cfu/g)	1,9±1,7	1,9±1,7	0,7±1,2	0,7±1,2	n.d	n.d
6	Total kimtall (log ₁₀ cfu/g)	2,4±0,4	3±0,4	2,7±0,3	3,4±0,1	3,2±0,3	3,8±0,3
	H ₂ S-prod. bakterier (log cfu/g)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,67±1,2
	Melkesyrebakterier (log cfu/g)	n.d	0,8±1,4	0	0,8±1,3	1,4±1,3	0,8±1,4
10	Total kimtall (log cfu/g)	4,5±0,2	5,4±0,3	4,6±0,3	5,8±0,3	5,2±0,3	5,7±0,1
	H ₂ S-prod. bakterier (log cfu/g)	0,8±1,3	2,3±0,5	0,7±1,2	1,8±1,6	0,7±1,2	1,5±1,3
	Melkesyrebakterier (log cfu/g)	1,6±1,4	3,2±0,6	3,4±0,5	4,0±0,8	3,1±1,0	3,8±0,5
14	Total kimtall (log cfu/g)	5,6±0,3	6,5±0,8	6,1±0,4	6,6±0,6	6,2±0,1	7,3±0,3
	H ₂ S-prod. bakterier (log cfu/g)	1,8±1,8	3,1±0,1	2,3±0,5	4,2±0,8	2,9±0,6	4,3±1,2
	Melkesyrebakterier (log cfu/g)	4,0±1,1	4,7±0,9	4,9±0,7	4,3±0,3	5,4±0,0	5,4±0,2



Figur 22: Resultater fra mikrobiologiske analyser ved uttak etter 0, 6, 10 og 14 dager (n=3)

Trenden er at den mikrobiologiske veksten øker med lagringstiden og spesielt etter 10 dager observeres økt vekst av både totalkim og melkesyrebakterier (Figur 22), mens det først etter 14 dagers kjølelagring observeres særlig vekst av H₂S-produserende bakterier. Både den totale mikrobielle veksten, vekst av H₂S-produserende bakterier og melkesyrebakterier var størst hos loins som var kjølelagret ved 4°C. De mikrobiologiske analysene indikerer at loins fra de kjølte kjedene har noe lavere mikrobiologisk vekst enn de fryst-tinte kjedene.

Resultater fra svaberprøver tatt på overflaten av de fryst-tinte prøvene rett etter at prøvene var tint, er gitt i Tabell 5:

Tabell 5: Svaberprøver fra overflaten av loinsene rett etter opptining (n=9)

	Hurtig tint	Langsom tint
Totalkim (cfu/g)	n.d	33

Resultatene fra de mikrobiologiske analysene viser samme trend som luktutviklingen rett etter åpning av pakken. Det er nærliggende å tro at den økte mikrobiologiske veksten bidrar til økt luktintensitet. Etter 10 dager beskrives lukten rett etter åpning som en blanding av syrlig og fiskelukt, mens den etter 14 dager har høyere score på skalaen for fiskelukt. Dette stemmer bra med at det etter 10 dagers kjølelagring observeres en økning i vekst av melkesyrebakterier og etter 14 dager observeres vekst av H₂S-produserende bakterier.

5 Diskusjon

I dette forsøket har vi studert en "Refresh"-kjede med to ulike tinemetoder (hurtig og langsom tining) og observert kvalitetsendringer i løpet av en 14 dagers kjølelagringsperiode ved 2°C og 4°C for fryst/tinte og kjølte vakuumpakkede lakseloins. Så langt vi kjenner til, finnes ingen slike publiserte studier. De ulike termiske delene av en "Refresh"-kjede, frysing, tining og kjølelagring er godt beskrevet i litteraturen, men få studier har sett på hele kjeden (Fagan et al, 2003, Fagan et al, 2004, Yin et al, 2014). I de fleste studiene er innfrysing, tining og kjølelagring gjennomført ved optimale temperaturer. Studiene har også hatt et endepunkt ved dag 3 – 7 etter pakking og ikke sett på total holdbarhet.

I denne studien hadde loinsene i de kjølte kjedene bedre sensorisk lagringsstabilitet, bedre tekstur og lavere drypptap enn de fryst/tinte prøvene gjennom kjølelagringsperioden på 14 dager. På dag 0 ble det observert et høyere drypptap for de fryst/tinte prøvene og en noe høyere sensorikkscore knyttet til egenskaper som mengde væskeslipp i pakke og lukt i pakke. Ser man bort fra disse egenskapene som ble målt på produkt i pakke, var det ikke så stor forskjell mellom prøvene på dag 0. I likhet med vår studie, har tidligere studier vist at ferske og kjølte lakseporsjoner har bedre sensorisk kvalitet enn fryst-tinte produkter etter 5 dagers kjølelagring ved 4°C (Fagan et al, 2003). I studien av Fagan og kollegaer (2003) ble det, som i vår studie, observert at drypptapet var høyere for fryst-tinte produkter og at det var høyere score for lukt sammenlignet med kjølte produkter.

Basert på resultatene fra denne studien anbefales en holdbarhet etter opptining for fryst/tinte produkter pakket i vakuum på seks dager eller lavere. Dette baseres på at de største endringene i flere kvalitetsparametere skjedde mellom dag 0 og dag 6 for de fryst/tinte kjedene. Hovedparten av drypptapet oppsto i løpet av de seks første dagene og de største endringene i tekstur skjedde også i løpet av de seks første dagene. På dag 6 hadde også forskjellene i sensorikkscore mellom kjølte og fryst/tinte prøver blitt mindre, selv om den for noen kjeder fortsatt var signifikant.

Fryst-tint produkter vil kunne gi logistikkmessige fordeler fremfor ferskfiskdistribusjon, i og med at man har lengre tid til transport og ikke trenger transportere store mengder is. Samtidig kan det bidra til å flytte deler

av transporten med bil over til båt. Fryst-tint produkter gir også fordeler ved at produktene kan foredles så ferske som mulig, fryses inn og fryselagres, for så å tines i eller nært markedet når det er etterspørsel. Ferskheten (kvaliteten) av fisken før prosessering er vist å være en viktig faktor for å få best mulig kvalitet til forbruker (forutsatt god kontroll over prosessering og rask distribusjon etter tining) (Roiha et al, 2018). Selv om de fryst-tinte kjedene hadde lavere lagringsstabilitet etter 14 dager enn de kjølte kjedene, var ikke forskjellene så store på dag 0 og dag 6. Gitt fleksibiliteten en fryst-tint kjede kan gi, er det ikke sikkert at en holdbarhet på 6 dager eller lengre er nødvendig. En fordel med Refresh-konseptet er at produktene tines i eller nært utsalgssted og at produktene dermed kan tines ved behov. Vi antar derfor at omløpshastigheten på denne typen produkter i butikk kan være lavere enn 14 dager. Dialog med aktører i industri og dagligvare om omløpshastighet kan gi svar på dette.

Frysing er en av de mest effektive metodene for å konservere fisk. Ved frysing reduseres hastigheten av mikrobiell vekst betydelig, noe som minimerer kvalitetstap forbundet med mikrobiell ødeleggelse (Dawson et al, 2018). Kvalitetsparametre som tekstur og farge vil imidlertid kunne påvirkes av frysing og prosesser som oksidasjon vil fortsatt foregå. Egenskapene til fiskemuskel endrer seg under frysing og fryselagring, noe som blant annet medfører drypptap og et tørrere produkt (Alizadeh et al, 2007, Dawson et al, 2018). Reaksjonene som foregår er avhengig av nedfrysingshastigheten, betingelser under fryselagringen og tining (Remington, 2017, Dawson et al, 2018). Årsakene til at proteiner denaturerer i fryst fisk kan være reduksjon i mengde tilgjengelig vann for proteinene, økt konsentrasjon av oppløste forbindelser og mekanisk skade på muskelstrukturen forårsaket av iskrystaller (Dawson et al, 2018). Påvirkningen på muskelstruktur og -proteiner er i stor grad avhengig av frysehastigheten. Fryseindusert denaturering er mest utbredt dersom innfrysingen går sakte. Ved langsom innfrysing, vil det dannes store iskrystaller i den ekstracellulære væsken. Er frysehastigheten rask, vil det dannes mange små iskrystaller både intra- og ekstracellulært som fordeler seg jevnt. Dette gir mindre skade på vevet (Dawson et al, 2018). Nedfrysingshastigheten var langsom i denne studien og det kan ha påvirket resultatet. I videre arbeid bør en derfor se på effekt på de samme kvalitetsparametrene ved bruk av raskere innfrysingsmetoder.

Tidligere studier har vist at hurtig tining gir best resultat og at kommersiell tining i bulk, som gir suboptimal, langsom varmeoverføring kan gi dårligere produktkvalitet (Svendsen et al, 2021). I denne studien ble to ulike tinemetoder testet, en hurtig tinemetode og en mer tradisjonell metode med tining på kjølerom "over natt". Det ble ikke observert tydelige signifikante forskjeller i de målte kvalitetsparameterne mellom de to tinemetodene, men det ble observert en trend i at drypptapet var noe lavere for de hurtig tinte prøvene, at de hadde noe bedre score for sensorikk og noe bedre tekstur etter dag 0 og dag 6 enn de langsomt tinte prøvene. At det ikke ble observert tydeligere forskjeller mellom de to tinemetodene, kan skyldes innfrysingsmetoden. Det vil derfor være av interesse å gjenta forsøket med ulike tinemetoder for fisk som er frosset inn med raskere innfrysingsmetoder.

I denne studien ble en relativt høy omgivelsestemperatur (20°C) benyttet i to korte sekvenser ved hurtig tining av produktene. Omgivelsestemperaturen ble skrudd ned igjen til kjøleromstemperatur (4°C) for at temperaturen i produktene skulle utjevne seg mellom de to 20°C-sekvensene. Av mattrygghetsgrunner er det ikke gunstig å oppbevare lett-bederverlige produkter ved temperaturer over 4°C (lovdata.no). Av tinekurven later det imidlertid til at det emballerte produktet aldri oversteg farlig høye overflatetemperaturer (maks 6,4°C) ved å benytte et såpass "aggressiv" tining i korte tidsintervaller. Resultatene fra de mikrobiologiske analysene indikerer at det er liten forskjell i mikrobiologisk vekst mellom hurtig tining og langsom tining "over natt" gjennom kjølelagringsperioden på 14 dager.

Temperaturforskjellen mellom de to kjølelagrene, var mindre enn planlagt. Gjennomsnittlig temperatur på kjølerommet som var innstilt på 4°C ble registrert til $3,5 \pm 0,5$ °C, og kjølerommet som var innstilt på 2 °C var

$2,3 \pm 0,5$ °C i kjølelagringsperioden. Dette kan forklare at det ikke ble observert systematiske signifikante forskjeller mellom de to kjølelagringstemperaturene i lagringsstudien.

I dette forsøket har vi benyttet både objektive og subjektive metoder for å vurdere kvaliteten på lakseloins. Vi har videre inkludert parametere som ble vurdert som viktige for hvordan en forbruker oppfatter kvaliteten på produktet. Dette inkluderer blant annet observasjoner knyttet til produkt i pakke. Hvordan produktet ser ut i pakken, samt hvordan det oppleves når man åpner pakken, kan gi en pekepinn på hvordan forbruker oppfatter produktet i en kjøpsituasjon eller hjemme på kjøkkenet. For eksempel ble væskeslipp i pakken målt subjektivt ved at dommerne observerte mengden væskeslipp i pakken før åpning og dette korrelerte svært godt med vekttapet ($r^2=0,85$).

QIM (Quality Index Method) er en standardisert metode for sensorisk bestemmelse av kvalitet på hel fisk som er lagret på is (Sveinsdottir et al, 2003). Metoden har tidligere blitt benyttet av andre, for å evaluere holdbarhet på hel, islagret laks (Erikson et al., 2011; Esaiassen et al, 2006, Herland, 2009). Det er utviklet QIM skjema for å vurdere ferske torskefileter (Bonilla et al, 2007) og filetindeksskjema for laks har tidligere vært i bruk, men vi har ikke funnet skjema utviklet for å vurdere vakuumpakkede loins uten skinn og bein. Det ble derfor utviklet et eget skjema for bruk under den sensoriske vurderingen i denne studien, basert på observasjoner i forstudien, relevante parametere fra QIM-skjema og industritesten for å måle tekstur i laks. Parametere, som lukt ved åpning av pakken og etter 10 minutter, mengde væskeslipp og farge på væskeslipp, ble også inkludert i skjemaet benyttet i denne studien. Det er derfor vanskelig å sammenligne resultatene fra denne studien direkte med andre studier. Det faktum at loinsene var vakuumpakket vil trolig også påvirke resultat av kvalitetsmålene sammenlignet med resultat fra hel, islagret laks eller filet. Mekanisk kraft under vakuumering vil kunne påvirke væskeslipp.

Det finnes mye forskning på kvalitetsattributter og hvordan dette påvirker forbrukeres valg (Grunert, 2002; Grunert 2005; Brunsø et al, 2009). Kvalitet på sjømat er ofte bestemt av produktets ferskhet (Nøstvold, 2009). Mange forbrukere beskriver frossen fisk som grå, livløs, anonym og kjedelig (Leek et al, 2000, Nielsen et al., 1997). Andre studier har derimot funnet positive assosiasjoner som lettvinnhet og kvalitet knyttet til frosne fiskefileter (Brunso et al., 2009). Frossen fisk oppfattes som enkelt fordi man alltid kan ha det hjemme i fryseren, det lukter ikke og tar bare noen minutter å tilberede fra fryst til stekt.

Farge og utseende er viktig for hvordan forbruker oppfatter kvaliteten på produktet (Shen et al, 2017). I denne studien ble farge bestemt både ved bruk av SalmoFan og en skala som skulle fange opp eventuell hvithet eller gulhet i produktet. Det ble ikke observert noen endringer i farge, hverken etter frysing-tining eller gjennom lagringsperioden i denne studien. Det er tidligere rapportert om endring i farge under kjøle- og fryselagring av fisk (Gobantes et al, 1998; Shen et al, 2017; Regost et al, 2004).

Hvordan et næringsmiddel lukter er viktig for om forbrukere liker maten eller ikke. Dårlig lukt i fiskeprodukter forbindes gjerne med gammel fisk. Lukt av fisk og sjømat avhenger av mange prosesser, og tap av ferskhet kan skyldes biokjemiske, bakteriologiske eller kjemiske prosesser (Lindsay, 1991). I denne studien ble lukt vurdert rett etter åpning av pakken og etter 10 minutters "lufting" uten emballasje. Dommerne karakteriserte lukten som mer intens på begge skalaer (fiskelukt og syrlig lukt) rett etter åpning enn etter 10 minutters "lufting". Særlig intensiteten på syrlig lukt ble karakterisert som lavere etter 10 minutter. Den syrlige lukten kan kobles til vekst av melkesyre bakterier. To flyktige komponenter som har vært brukt til å beskrive uønsket lukt i laks er hexanal som er koblet til oksidasjon av omega-6 fettsyrer (Alghazeer et al, 2008), og 1-penten-3-ol som har vært koblet til oksidasjon av langkjedede omega-3 fettsyrer (Mørkøre et al, 2014).

Vannbindingsevne, evnen til å holde på fritt bundet vann når produktet blir utsatt for en ytre kraft (Lynum, 2007), er en viktig kvalitetsparameter for fisk. Når proteinstrukturen endres, slik at proteinene ikke lenger klarer å holde på det fritt bundne vannet, slik som for eksempel ved frysing, vil noe av væsken lekke ut som drypptap. I denne studien ble det observert at drypptapet var størst for Refresh-kjedene og at det økte med lagringstiden. At drypptapet øker med lagringstiden er vist i flere studier (Kristoffersen et al, 2007; Kaale et al, 2014, Duun og Rustad, 2007). For laksefilet, er et drypptap på 2% observert etter 15 dagers kjølelagring (Kaale et al, 2014). Økt bearbeidingsgrad vil kunne gi økt drypptap og dette kan forklare at vi i denne studien ser et høyere drypptap (4,8 – 8,5%) sammenlignet med studier gjennomført på hel fisk eller laksefilet. I en masteroppgave av Egeland (2012) der drypptap fra singelpakkede lakseloins ble undersøkt, ble det observert et drypptap på 5,1% etter 13 dager og dette er mer i tråd med vår studie som viste et drypptap på 4,8 – 8,5%. Væskeslippene kan bestå av vann, fett eller en blanding av disse. Fett og vann i laksemuskelen utgjør til sammen cirka 80 %. I denne studien ble fargen på væskeslippene observert og resultatene viser at fargen på væskeslippene fra de kjølte kjedene ble karakterisert som hvitt til gult gjennom hele lagringstiden (score 1,47 – 1,74). For de fryst/tinte kjedene ble fargen karakterisert som hvit til gul rett etter tining, mens fargen ved de øvrige uttaksdagene, ble beskrevet som gul til rosa. Dette kan indikere at loinsene slapp mer fett og karotenoider utover i lagringsperioden (Løje et al, 2007).

Forbrukere foretrekker gjerne fast fiskekjøtt (Rasmussen, 2001) og endringen i hardhet for de fryst-tinte produktene kan oppfattes negativt av forbruker. Tekstur ble målt både subjektivt ved bruk av fingertrykk og objektivt ved bruk av teksturanalysator. Ved begge målemetoder ble det observert at konsistensen på de fryst/tinte prøvene ble dårligere gjennom lagringstiden, og at fastheten på kjølte loins endret seg mindre. Verdien for instrumentelle målinger av tekstur funnet i denne studien er i samsvar med andre studier på laks. Gallart-Jornet et al (2007) fant at hardheten gikk ned utover i lagringsperioden for kjølte laksefileter. Som nevnt, er det kjent at frysing kan påvirke teksturegenskapene og gi et tørrere produkt på grunn av iskrystalldannelse, endring i muskelproteinene og membranødeleggelse (Dawson, 2018) som kan føre til økt drypptap. Den negative korrelasjonen ($r^2 = -0,5$) mellom tekstur og drypptap observert i denne studien, indikerer at det kan være en sammenheng mellom det høyere drypptapet observert for de fryst-tinte prøvene og redusert fasthet målt i teksturmålingene. Teksturendringene som er observert i løpet av lagringstiden, kan også skyldes degraderingen av muskel – og bindevevsproteiner som skjer i muskelvevet til fisk post mortem (Wang, 2011). Hos fisk er det foreslått at katepsiner og calpainer står bak denne degraderingen av muskelproteiner. I en studie av Delbarre-Ladrat et al. (2006) er det rapportert at dette skjer etter omtrent 5 dagers lagring, hvilket samsvarer godt med resultatene for de kjølte kjedene i denne studien.

Den relativt store variasjonen i tekstur, kan skyldes at det var ulik tykkelse og fasong på loinsene. Når prøvene ikke er ensartete, vil det gi større variasjon i målingene. Tekstur er en egenskap som viser betydelig spredning mellom individer og mellom ulike deler av samme filet (Mørkøre et al, 2014). Laks av «superior» kvalitet har kjøtt med god fasthet og spenst, mens laks med bløt tekstur oppfattes å ha dårligere kvalitet. Det kan være sammenheng mellom bløt tekstur og filetspalting, men ikke nødvendigvis. Årsaker til avvikende tekstur og filetspalting kan være knyttet til oppdrettsfasen, slakteprosessen og lagring, eller en kombinasjon av disse faktorene (Mørkøre et al, 2014). I tillegg kan en under analysene ha truffet på et område med mye bindevev, noe som kan påvirke resultatene. Sammensetningen og styrken av bindevevet påvirker tekturen. Fisk har lite bindevev i muskelen sammenlignet med landdyr. Bindevevsprofilen vil også kunne påvirke graden av filetspalting og muskelens evne til å binde væske (Mørkøre et al, 2014).

Både drypptapet og mikrobiell vekst økte utover i lagringsperioden. Siden drypptap er et godt vekstmedium for bakterier og reduserer kvaliteten til fisken, bør pakke – og lagringsmetoden optimaliseres slik at den resulterer i minst mulig drypptap. I denne studien ble loinsene pakket i vakuum uten absorbent, noe som kan ha påvirket luktutviklingen og den mikrobielle veksten. Andre studier har vist at pakking i modifisert

atmosfære kan forlenge holdbarheten på fersk fisk (Kumar et al; 2014, Dewitt, 2016; Tavares et al, 2021). En absorberende vil kunne fange opp noe av drypptapet og bedre det visuelle inntrykket.

Det er opp til produsentene å sette riktig holdbarhet for sine produkter. Aktører vi har snakket med ønsker imidlertid mikrobiologiske retningslinjer for å bestemme holdbarhet på laks. Ifølge ICMSF (1986) ligger grenseverdiene for fersk fisk mellom 10^6 – 10^7 CFU/g, mens de tidligere mikrobiologiske retningslinjer i det norske regelverket angir en nedre grense på 5×10^5 CFU/g (Tobiassen et al, 2006) og en øvre grense på 5×10^6 CFU/g. Etter disse retningslinjene hadde loinsene fra både de kjølte og fryst/tinte kjedene en holdbarhet på mellom 10 og 14 dager.

De mikrobiologiske analysene viser samme trend som luktutviklingen rett etter åpning av pakken. På dag 10 beskrives lukten rett etter åpning som syrlig, mens den etter 14 dager har høyere score på skalaen for fiskelukt. Dette samsvarer med at det etter 10 dagers kjølelagring observeres en økning i vekst av melkesyrebakterier og etter 14 dager observeres vekst av H_2S -produserende bakterier.

6 Konklusjon og forslag til videre forskning

Refreshed produkter, dvs. produkter som blir fryst, for deretter å tines og presenteres "refreshed" til forbruker, er et segment i vekst. Derfor har SINTEF Ocean valgt å forske på hvordan dette kan gjøres på riktig måte. I denne studien er det undersøkt hvilken effekt innfrysing, hurtig og langsom tining, samt kjølelagring etter opptining har på kvalitet og lagringsstabilitet for vakuumpakkede lakseloins. Resultatene viste at de største forskjellene mellom Refresh-kjedene og de kjølte kjedene var knyttet til et høyere drypptap og endringer i tekstur for Refresh-produktene. Endringene i tekstur og drypptap for Refresh-produktene skjedde i hovedsak etter en kjølelagringsperiode på mellom 0 og 6 dager etter opptining. På dag 6 ble det observert liten forskjell i sensorikscore mellom refreshed og kjølte (referanse) produkter. Basert på disse resultatene anbefales en holdbarhet etter opptining for fryst-tinte lakseloins pakket i vakuum på 6 dager. En fordel med Refresh-konseptet, er at produktene tines i eller nært utsalgsted og at produktene dermed kan tines ved behov. Det ble ikke observert tydelige signifikante forskjeller i de målte kvalitetsparameterne mellom de to tinemetodene. At det ikke ble observert tydeligere forskjeller mellom de to tinemetodene, kan skyldes innfrysingmetoden.

Denne studien og prosjektet som studien var en del av, har identifisert noen områder der det er behov for mer forskning. Både i en intern workshop og i samtaler med industri har problemstillinger knyttet til kjølelagring, frysing og tining blitt identifisert som områder hvor det ønskes mer kunnskap. For industri ble kjølelagring av (hel) fisk ved temperaturer ned mot 0°C , frysing av vakuumpakket filet og effekter av tining trukket frem som områder hvor det ønskes mer kunnskap. Internt ble blant annet frysing og tining, med særlig fokus på tineprosessen og optimalisering av tid og temperatur, trukket frem.

I denne studien ble Refresh-kjeder for forbrukerpakket produkt undersøkt. En interessant problemstilling for videre forskning er å studere betydningen av prosesseringstidspunkt og innfrysningstidspunkt på kvalitet og holdbarhet for ulike kjeder, for eksempel ved å sammenligne:

- Pakking og frysing av konsumentforpakninger som tines i eller nær butikk slik som i denne studien
- Pakking og frysing av hel fisk eller filet som tines, prosesseres og pakkes som konsumentforpakninger nært markedet

Vi observerte at de fleste kvalitetsendringene for "Refresh"-produktene skjedde seks dager etter opptining. Det vil være interessant å undersøke hvilke kvalitetsendringer som finner sted mellom null og seks dager etter opptining.

Kvalitetsendringene i denne studien ble undersøkt på rå fisk og de sensoriske analysene ble gjennomført på rå fisk. En interessant problemstilling er å undersøke hvilken betydning teksturendringene og det økte drypptapet som vi observerte for produkter som har vært fryst, har for spisekvaliteten.

To ulike tinemetoder ble testet, en hurtig tinemetode (omgivelsestemperatur opp til 20°C) og en mer tradisjonell metode med tining på kjølerom "over natt". Det ble ikke observert tydelige forskjeller i de målte kvalitetsparameterne mellom de to tinemetodene. At det ikke ble observert tydeligere forskjeller mellom de to tinemetodene, kan skyldes innfrysningmetoden. Effekt av ulike innfrysningmetoder på produktkvalitet etter opptining, er et tema det ønskes mer kunnskap om.

Ett annet område som det ønskes mer kunnskap om både internt og hos de industriaktørene vi snakket med er kvalitet ved ulike lagringstemperaturer, spesielt temperaturer ned mot 0°C og effekter av varierende temperaturer. Teknologi og prosesser for kjøling, frysing og tining og hvordan det påvirker produktet fra levendekjøling frem til produktet er ute i markedet, er ett tema det ønskes mer kunnskap om.

7 Finansiering

Denne studien ble finansiert gjennom strategiske grunnmidler. Forsøket har vært en del av prosjektet "Holdbart – økt prosessering i Norge".

8 Referanser

Alghazeer R, Saeed S, Howell NK (2008). Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food Chemistry*, 108, pp. 801–810

Alizadeh E, Chapleau N, de Lamballerie M, Le-Bail A. (2007). Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8 (4), 493-499

Baptista, R., Horita, C. & Sant'Ana, A. (2020). Natural products with preservative properties for enhancing the microbiological safety and extending the shelf-life of seafood: A review. *Food Research International*, 127, 1-23

Bonilla AC, Sveinsdottir K, Martinsdottir E. (2007). Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf-life study. *Food Control*, 18, 4, 352-358

Brunso K, Verbeke W, Olsen SO, Jeppesen LF (2009). Motives, Barriers and Quality Evaluation in Fish Consumption Situations. *British Food Journal*. 111, 7, 699-716

Dawson P, Wesam AJ, Remington N. (2018). Effect of freezing on the shelf life of Salmon. *International Journal of Food Science*. Article ID 1686121

Delbarre-Ladrat C, Chéret R, Taylor, Verrez-Bagnis, V. (2006), Trends in postmortem aging in fish: Understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46, 5, 409–421

Dewitt CA, Oliveira ACM. (2016) Modified Atmosphere Systems and Shelf Life Extension of Fish and Fishery Products. *Foods*, 5, 48

Duun AS, Rustad T. (2007). Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. Food Chemistry, 105, 3, 1067–1107

Egeland S (2012). Optimalisering av kjølekjede for fisk. Master oppgave, NMBU.

Erikson U, Bye G, Oppedal K. (2009). Fastere filet – industritest og opplæring. SINTEFrappport nr SFH80 A095028.

https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900109/?fileurl=https://fhfno.sharepoint.com/sites/pdb/Dokumenter/900109/Kvalitetsbrochure%20laks_medres-12022010.pdf&filename=Faktaark:%20Veiledning%20til%20bed%C3%B8mmelse%20av%20tekstur%20i%20laksefil%C3%A9t

Erikson U, Misimi E, Gallart-Jornet L. (2011). Superchilling of rested Atlantic salmon: Different chilling strategies and effects on fish and fillet quality. Food Chemistry, 127 (4), 1427-1437

Esaiassen M, Joensen SR., Akse L, Tobiassen T, Eilertsen G, Dahl R, Bjørkevoll I. (2006). Temperatur i kjøledisk - en kritisk suksessfaktor for brett pakket fersk fisk, ISBN13 978-82-7251-593-4: Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS.

Fagan JD, Gormley TR, Ui Mhuirchertaigh M (2003). Effect of freeze-chilling in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. Lebensmittel U-Technol LWT 36: 647-655.

Fagan JD, Gormley TR, Ui Mhuirchertaigh M (2004). Effect of modified packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. Innov Food Emerg Technol 5: 205-214.

Furuset, A. (2019). «Gründere vil frakte levende laks til Kina i gigantisk «brønnbåt»». Fiskeribladet. <https://fiskeribladet.no/>

Gallart-Jornet L, Rustad T, Barat JM, Fito P, Escrich I. (2007). Effect of superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets, Food Chemistry, 103, 4, 1268-1281

Gobantes I, Choubert G, Gómez R (1998). Quality of pigmented (Astaxanthin and Canthaxanthin) rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored under vacuum packaging during chilled storage. J. Agric. Food Chem, 46, 10, 4358–4362

Grunert KG. (2002). Current issues in the understanding of consumer food choice. Trends in Food Science & Technology, 13(8), 275-285.

Grunert, KG. (2005). Food quality and safety: consumer perception and demand. European Review of Agricultural Economics, 32(3), 369-39

Hansen A, Mørkøre T, Rudi K, Olsen E, Eie T (2007). Quality Changes during Refrigerated Storage of MA-Packaged Pre-rigor Fillets of Farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) Using Traditional MAP, CO₂ Emitter, and Vacuum. Journal of Food Science, 9, 423–430

Herland H, Tobiassen T, Akse L, Carlehøg M, Eilertsen G. (2009). Pre-rigor filetering av oppdrettstorsk. Holdbarhet og kvalitet under kjølelagring, ISBN-978-82-7251-678-8. Tromsø, Norway: NOFIMA Marin

ICMFS (1986). Microorganisms in foods 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific Applications. Second edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford

Kaale LD, Eikevik TM, Rustad T, Nordtvedt TS (2014). Changes in water holding capacity and drip loss of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during superchilled storage. LWT - Food Science and Technology, 55, 2, 528-535

Kristoffersen, S., Vang, B., Larsen, R., & Olsen, R. L. (2007). Pre-rigor filleting and drip loss from fillets of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Aquaculture Research, 38(16), 1721-1731

Kumar, P, Ganguly, S. (2014). Role of Vacuum Packaging in Increasing Shelf-Life in Fish Processing Technology. Asian Journal of Bio Science, 9, 109–112.

Landazuri-Tveteras U, Asche F, Gordon DV, Tveteraas S (2018). Price Transmission in French and UK Salmon Markets. Aquaculture Economics and Management. 22(1), 131-149

Leek S, Maddock S Foxall G. (2000). Situational determinants of fish consumption. British Food Journal, 102, 1, 18-39

Lindsay RC (1991). Chemical basis of the quality of seafood flavours and aromas. Mar. Technol. Soc. J., 25, pp. 16–22

Lovdata: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-12-22-1623/KAPITTEL_5#KAPITTEL_5

Lynum, L (2007). Fisk som råstoff. Vigmostad & Bjørke. ISBN:9788251912549

Løje H, Nielsen HH, Hyldig G, Jørgensen BM (2017). Liquid Holding Capacity and Liquid Leakage of Raw Salmon and Trout Fillets. Food Science and Quality Management, 68, 11-15.

Mørkøre Turid, Ytrestøl T, Ruyter B, Torstensen BE, Thomassen MS (2014). Kvalitetsaspekter hos laks som matvare ved endret fettsyresammensetning. Nofimarapport 19/2014.
<https://nofima.no/publikasjon/1126647/>

Nielsen NA, Sørensen E, Grunert KG. (1997). Consumer motives for buying fresh or frozen plaice – a means-end chain approach. I Luten, J. B., Børresen, T. & Oehlenschläger, J. (Red.). Seafood from Producer to Consumer, Integrated Approach to Quality (s. 31-43), Amsterdam: Elsevier Science

Nøstvold BH (2009). Hva er fersk fisk? En eksplorativ undersøkelse blant norske forbrukere (Nofima rapport 3. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2565963/Rapport%2B03-2009.pdf?sequence=1>

Rasmussen RS (2001), Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. Aquaculture Research, 32, 767-786

Regost C, Jakobsen JV, Rørå AMB (2004). Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. *Food Research International*, 37, 259-271

Remington MCA (2017). The effect of freezing and refrigeration on food quality. All Theses. 2667.
https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/2667

Roiha IS, Tveit, GM, Backi C., Jónsson Á., Karlsdóttir M & Lunestad BT. (2018). Effects of controlled thawing media temperatures on quality and safety of pre-rigor frozen Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Lwt*, 90, 138-144.

Shen M, Shi L, Gao Z (2018). Beyond the food label itself: How does color affect attention to information on food labels and preference for food attributes? *Food Quality and Preference*, 64, 47-55,

Sveinsdottir K, Hyldig G, Martinsdottir E, Jørgensen B, Kristbergsson K (2003). Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14, 237–245

Svendsen ES, Widell KN, Tveit GM, Nordtvedt TS, Uglem S, Standal IB, Greiff K. (2022). Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish. *Journal of Food Engineering*, 315, 110803

Tavares J, Martins A, Fidalgo LG, Lima V, Amaral RA, Pinto CA, Silva AM, Saraiva JA. (2021). Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods*, 10, 780

Tobiassen T, Akse L, Midling K, Aas K, Dahl R, Eilertsen G. (2006). The effect of pre-rigor processing of cod (*Gadus morhua* L) on quality and shelf life. In: Luten, J.B., Jacobsen, C., Bekaert, K., Sæbø, A., Oehlenschläger, J. (Eds.), *Seafood Research from Fish to Dish, Quality, Safety and Processing of Wild and Farmed Fish*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 149–160.

Torrissen, Onozaka. (2017), Comparing Fish to Meat: Perceived Qualities by Food Lifestyle Segment” *Aquaculture Economics and Management* 21, 1, 44-70

Wang PA (2011). Post mortem proteolytic degradation of myosin heavy chain in skeletal muscle of Atlantic cod. PhD thesis, UiT.

Yin X, Luo Y, Fan H, Wu H, Feng L (2014). Effect of previous frozen storage on quality changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during short-term chilled storage. *Int J Food Sci Technol* 49: 1449-1460.

Vedlegg 1

Navn:

Mengde væskeslipp	Farge væskeslipp
0 0-slipp	0 blankt
1	1 hvitt
2	2 gult
3 stort slipp	3 rosa
	4 rødt
Lukt i pakken rett etter åpning	Lukt i pakken rett etter åpning
0 luktfri	0 luktfri
1 frisk	1 litt syrlig
2 litt fiskelukt	2 syrlig
3 sterk fiskelukt	3 sterkt syrlig
4 råtten, sur	4 eddik
Farge, SalmoFan linjal	Farge, visuell vurdering
11 12 13 14 15 16 17 18	0 hvit
	1 gul
	2 lys rosa
	3 rosa (naturlig)
	4 mørk rosa
Gaping	Fuktighet overside
0 ingen	0 tørr
1 1 – 2 små	1 litt fuktig
2 >5 små	2 fuktig
3 store spalter	3 "vandig"
4 oppløsning	
Konsistens	
0 fast	
1 litt bløt	
fingertrykk synes	
2 bløt	
tydelig fingertrykk	
3 oppløsning	
finger gjennom	
Lukt loins, 10 minutt	Lukt loins, 10 min
0 luktfri	0 luktfri
1 frisk	1 litt syrlig
2 litt fiskelukt	2 syrlig
3 sterk fiskelukt	3 sterkt syrlig
4 råtten, sur	4 eddik
Kommentarer:	



HOLDBART

Oppsummering forsøk "Refresh-kjede"

Teknologi for et bedre samfunn



Bakgrunn

Resultatene fra forsøket i denne presentasjonen var en del av prosjektet "Holdbart- økt prosessering i Norge". Prosjektet ble finansiert av ekstraordinære grunnmidler fra Norges Forskningsråd i forbindelse med covid19.

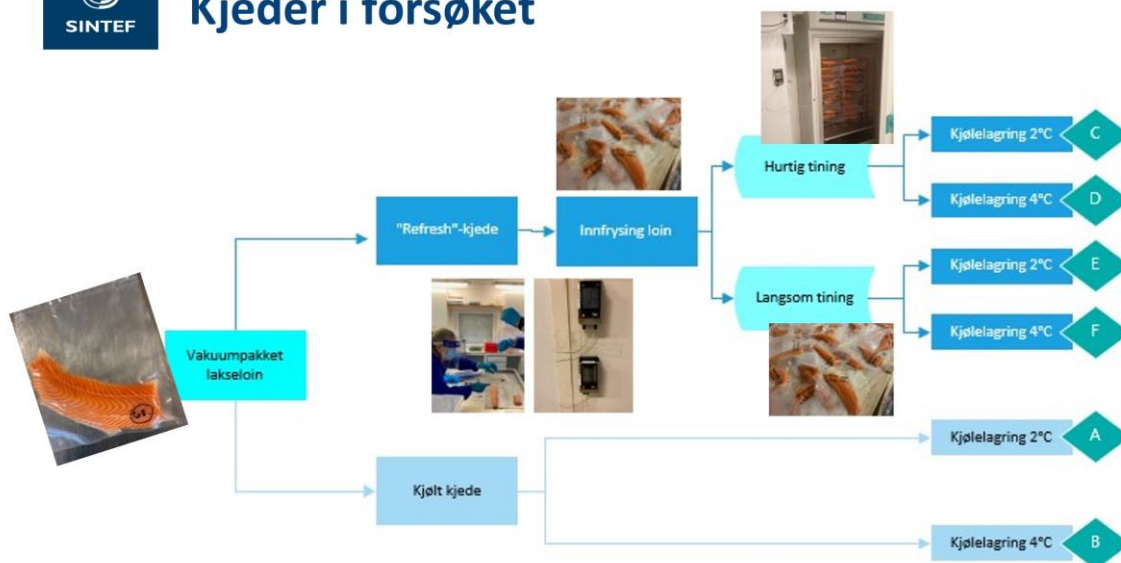
Hovedprosjektet bestod av flere delmål, blant annet en intern workshop og samtaler med industri om holdbarhet på laks. Frysing og tining ble identifisert som et område hvor det ønskes mer kunnskap både i intern workshop og i samtaler med industri. Det ble derfor gjennomført et forsøk for å øke kunnskapen om frysing og tining på porsjonspakkeddakseløins

I forsøket er effekten av frysing, tining (hurtig og langsom) og kjølelagring (2°C og 4°C) på lagringsstabilitet og kvalitet på vakuumpakkedelakseløinsundersøkt.



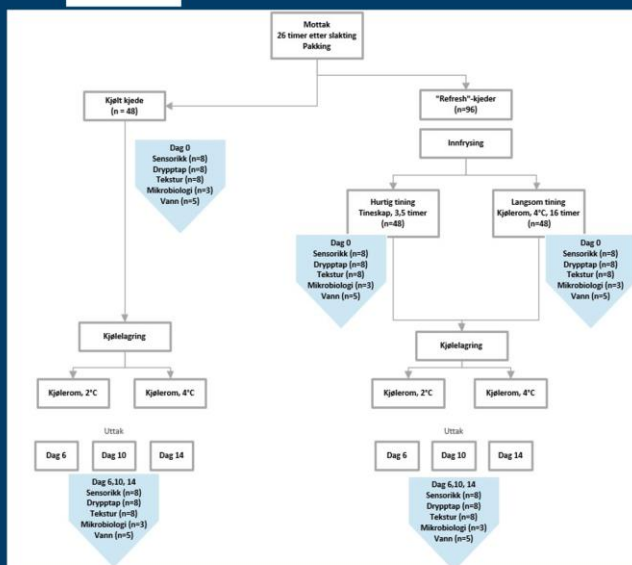
Gjennomføring

Kjeder i forsøket



Teknologi for et bedre samfunn

Lagringsstudie – Uttak og analyser



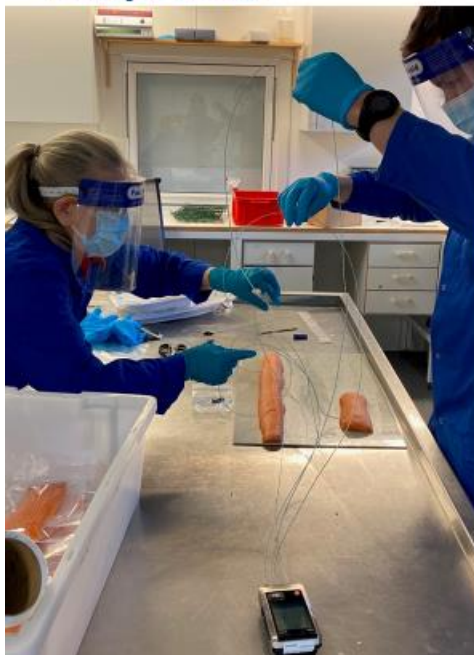
Prøver ble evaluert på dag 0, 6, 10 og 14:

- Sensorisk evaluering
 - produkt i pakke
 - etter uttak fra pakke
- Drypptap
- Tekstur
- Mikrobiologi
- Kjemi

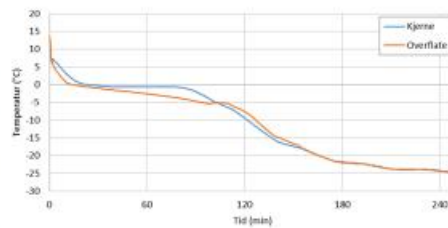


Resultater

Temperatur



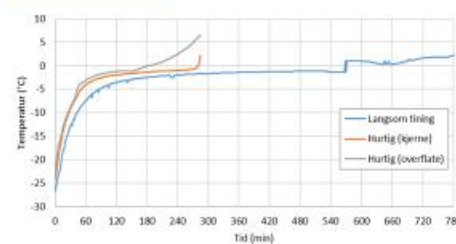
Innfrysning



Innfrysningen foregikk på fryserom i stillestående luft ved -28°C .

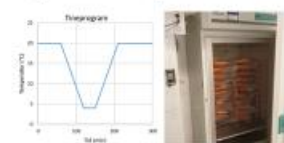
Fryselagring ved -28°C i 40 timer (for produkter som ble langsom tint) og 60 timer (for produkter som ble hurtig tint).

Tining



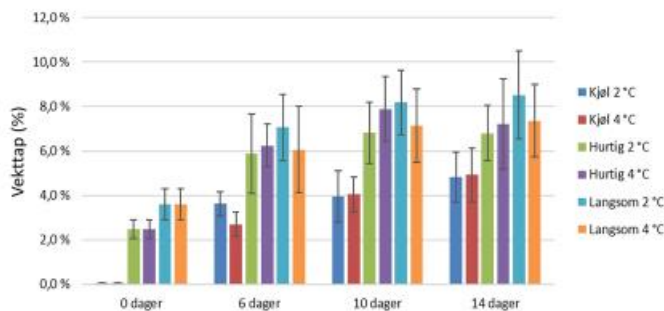
Langsom tining ble utført på kjølerom ved 4°C i 16 timer med produktene plassert spredt på rister.

Hurtig tining ble utført i tineskap, tid og temperatur som vist i grafen nedenfor



Etter opptining ble produktene lagret på kjølerom ved $3,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ og $2,3 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ frem til uttaksdag.

Vekttap

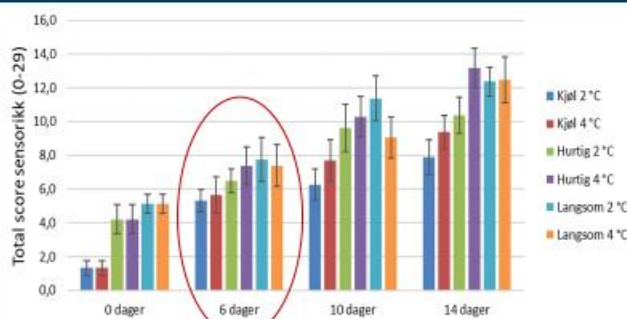


Vekttapet ble registrert etter tining (0 dager i figuren) og etter kjølelagring i 6, 10 og 14 dager.



- Vekttapet på dag 0 for de fryst/tinte kjedene representerer tinetapet
- Kjølelagrede loins hadde lavere vekttap enn fryst/tinte loins
- Tinetapet var størst for de de langsomt tinte loinsene, men fra og med dag 6 er det små forskjell i vekttap mellom de to tinemetodene.
- For alle kjedene oppsto hovedparten av drypptapet i løpet av de seks første dagene av lagringstiden.

Sensorikk

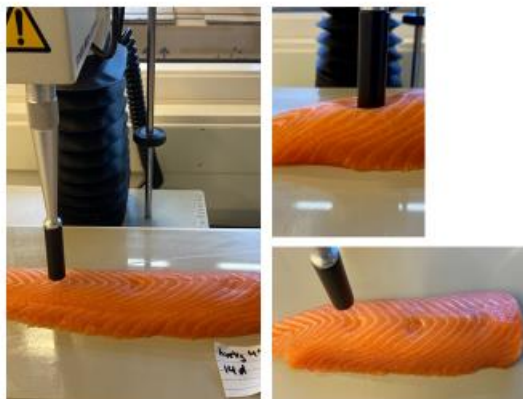


Den sensoriske analysen er gjennomført ved at 4–5 dommere har vurdert produktene subjektivt ved hver uttaksdag. Total score er basert på mengde væskeslipp, lukt vurdert rett etter åpning og etter 10 minutter, gaping, utseende og konsistens. Lav score indikerer god kvalitet. 0-prøve for de kjølte kjedene er satt til 26 timer etter slaktning, mens dag 0 for Refresh-kjedene er etter at de har gjennomgått en fryse- og tineprosess.

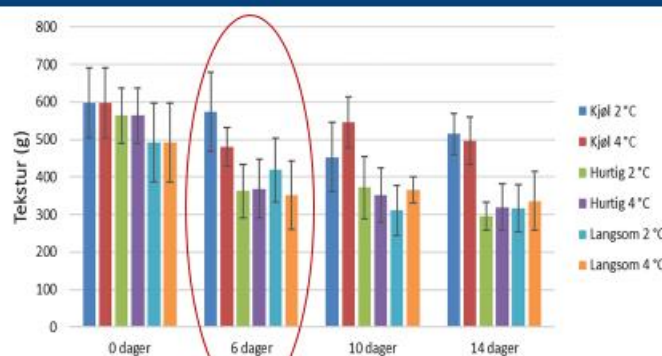
- Gjennom lagringsperioden på 14 dager hadde produktene i de kjølte kjedene bedre lagringsstabilitet enn de fryst/tinte produktene. Ved slutten av lagringstiden var det egenskapene lukt og konsistens som bidro til en høyere score for de fryst/tinte prøvene.
- Etter 6 dagers kjølelagring var det liten forskjell i total score mellom produktene i de ulike kjedene. På dette tidspunktet var det i hovedsak mengde væskeslipp observert i pakken som bidro til høyere score for de fryst/tinte prøvene.
- Basert på resultatene fra den sensoriske evalueringen anbefales det å ha en holdbarhetstid etter opptining på maksimalt 6 dager.



Tekstur

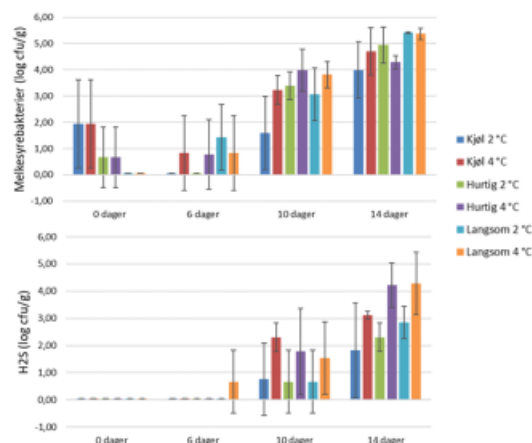
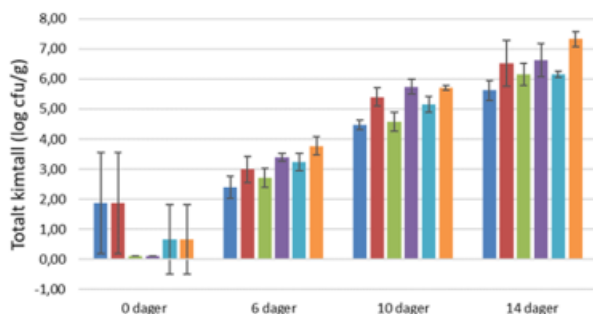


Tekstur ble målt ved hjelp av en teksturanalysator slik bildet viser. Fasthet er målt som kraften som trengs ved nedtrykk på loinsene. Det er en objektiv målemetode som etterligner fingertrykk. Dess høyere verdi, dess fastere er prøven.



- På dag 0 ble det ikke målt signifikante forskjeller i tekstur mellom kjedene. Trenden viser imidlertid at de hurtig tinte loinsene var noe fastere enn de langsomt tinte på dette tidspunktet.
- Frysing og tining påvirket fastheten til lakseloinene gjennom kjølelagringsperioden. Dette er særlig tydelig på dag 6.
- Basert på resultatene fra teksturanalysene anbefales det å ha en holdbarhetstid etter opptining på maksimalt 6 dager.

Mikrobiologi



Ved alle uttaksdager ble det observert liten forskjell i mikrobiologisk vekst for de ulike kjedene. På dag 10 ble det observert økt vekst av totalkim og melkesyrebakterier. Først etter 14 dagers kjølelagring observeres det særlig vekst av H₂S-produkerende bakterier.

De mikrobiologiske analysene viser samme trend som luktviklingen (fra sensorikk) rett etter åpning av pakken. På dag 10 beskrives lukten rett etter åpning som syrlig, mens den etter 14 dager har høyere score på skalaen for fiskelukt. Dette samsvarer med at det etter 10 dagers kjølelagring observeres en økning i vekst av melkesyrebakterier og etter 14 dager observeres vekst av H₂S-produkerende bakterier.

På grunn av lavt antall loins fra hver kjede ved hvert uttak (n=3), og stor variasjon mellom loinsene i noen av gruppene, er det ikke gjennomført statistiske tester for signifikans.

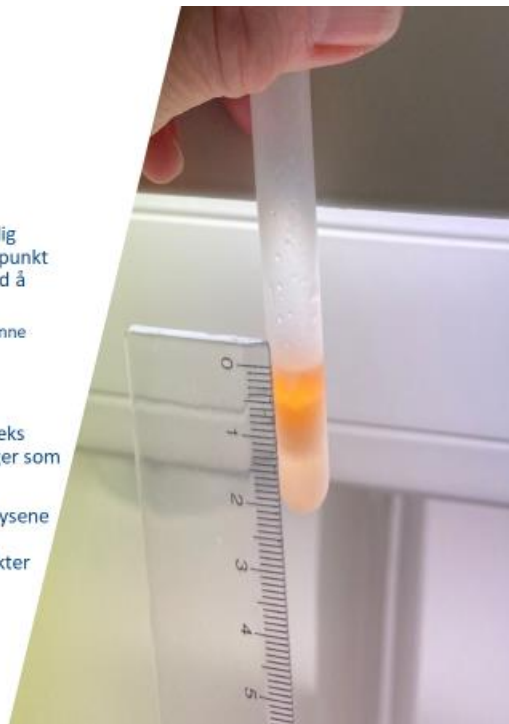
Oppsummering

- Refreshed produkter, dvs. produkter som blir fryst, for deretter å tines og presenteres "refreshed" til forbruker, er et segment i vekst. Derfor har SINTEF Ocean valgt å forske på hvordan dette kan gjøres på riktig måte. I denne studien er det undersøkt hvilken effekt innfrysing, hurtig og langsom tining, samt kjølelagring etter opptining har på kvalitet og lagringsstabilitet for vakuumpakkede lakseloins.
- Resultatene viste at de største forskjellene mellom Refresh-kjedene og de kjølte (referanse) kjedene var knyttet til et høyere drypptap og endringer i tekstur for Refresh-produktene. Endringene i tekstur og drypptap for Refresh-produktene skjedde i hovedsak etter en kjølelagringsperiode på mellom 0 og 6 dager.. Loinsene i de kjølte kjedene hadde bedre lagringsstabilitet, målt sensorisk, enn Refresh-produktene gjennom kjølelagringsperioden på 14 dager. Ved slutten av lagringstiden var det egenskapene lukt og konsistens som bidro til å trekke ned kvaliteten på Refresh-produktene
- Basert på resultatene fra forsøket anbefales en holdbarhet etter opptining for Refresh lakseloins pakket i vakuum på 6 dager.
 - De største endringene i tekstur og drypptap for Refresh kjedene skjer mellom dag 0 og dag 6
 - På dag 6 er det liten forskjell i sensorikksscore mellom Refresh-produktene og de kjølte produkter (referanse). På dette tidspunktet er det i hovedsak mengde væskeslipp observert i pakken som bidrar til høyere score for de fryst/tinte prøvene.
 - Når det gjelder mikrobiologi er det liten forskjell mellom fryst/tinte og kjølte produkter gjennom lagringsperioden på 14 dager.
- To ulike tinemetoder ble testet, en hurtig tinemetode (omgivelsestemperatur opp til 20°C) og en mer tradisjonell metode med tining på kjølerom ved 4°C "over natt. Det ble ikke observert tydelige signifikante forskjeller i de målte kvalitetsparametere mellom de to tinemetodene.
- En fordel med Refresh-konseptet, er at produktene tines i eller nært utsalgsted og at produktene dermed kan tines ved behov. Gitt fleksibiliteten en fryst-tint kjede kan gi, er det ikke sikkert at en holdbarhet på mer enn 6 dager er nødvendig.
- I dette forsøket har vi hatt fokus på å benytte både objektive og subjektive metoder for å måle flere parametere.
 - Væskeslipp i pakken er målt subjektivt gjennom observasjon og gir en god indikasjon på drypptap målt ved vektendring
 - Lukt i pakken er en god indikator på mikrobiell vekst. Lukten i pakken er mer intens enn lukten etter at loinsene har fått luftet seg
 - Målinger av konsistens ved hjelp av fingertrykk gir en god indikasjon på teksturforandringer målt instrumentelt

Teknologi for et bedre samfunn

Videre forskning

- I denne studien ble Refresh-kjeder for forbrukerpakket produkt undersøkt. En mulig problemstilling for videre forskning er å studere betydningen av prosesseringstidspunkt og innfrysningstidspunkt på kvalitet og holdbarhet for ulike kjeder, for eksempel ved å sammenligne:
 - Pakking og frysing av konsumentforpakninger som tines i eller nær butikk slik som i denne studien
 - Pakking og frysing av hel fisk eller filet som tines, prosesseres og pakkes som konsumentforpakninger nært markedet
- Vi observerte at de fleste kvalitetsendringene for "Refresh"-produktene skjedde seks dager etter opptining. Det vil være interessant å undersøke hvilke kvalitetsendringer som finner sted mellom null og seks dager etter opptining.
- Kvalitetsendringene i denne studien ble undersøkt på rå fisk og de sensoriske analysene ble gjennomført på rå fisk. En interessant problemstilling er å undersøke hvilken betydning teksturendringene og det økte drypptapet som vi observerte for produkter som har vært fryst, har for spisekvaliteten.



Teknologi for et bedre samfunn