



SINTEF

Foto: TYD

Rapport

Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk

"Refreshed"

Forfatter(e):

Solveig Uglem, Guro Møen Tveit, Tom Ståle Nordtvedt, Marte Schei, Solvår Iren Dalsaune, Inger Beate Standal

Rapportnummer:

2022:00504 - Åpen

Oppdragsgiver:

FHF – Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfinansiering

Rapport

Variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk

"Refreshed"

EMNEORD

Refresh-produkter
Hvitfisk
Frossen-tint
Tint

VERSJON

Versjon 1

DATO

2022-05-20

FORFATTER(E)

Solveig Uglem, Guro Møen Tveit, Tom Ståle Nordtvedt, Marte Schei, Solvår Iren Dalsaune, Inger Beate Standal

OPPDRAGSGIVER(E)

FHF – Fiskeri og havbruksnæringens
forskningsfinansiering

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Frank Jakobsen
901596

PROSJEKTNUMMER

302005149

ANTALL SIDER OG VEDLEGG

28+Bilag/vedlegg

SAMMENDRAG

Refreshed produkter, dvs. produkter som blir fryst, for deretter å tines og presenteres "refreshed" til forbruker, er et segment i vekst. I denne studien er det undersøkt hvilken effekt frysing og tining, samt kjølelagring etter opptining har på kvalitet og lagringsstabilitet for vakuumpakkede torskeloins. Resultatene viste at de største forskjellene mellom refresh-kjedene og den kjølte kjeden var knyttet til et høyere dryp tap og endringer i tekstur for refresh-produktene. Resultatene viste videre at råvarekvaliteten har stor betydning for lagringsstabilitet og holdbarhet. Basert på resultatene fra forsøket anbefales en holdbarhet etter opptining for refresh torskeloins pakket i vakuum på opptil 10 dager dersom råvarekvaliteten er god. Dersom det benyttes råvarer som har vært islagret før foredling og innfrysing, bør holdbarheten justeres ned tilsvarende.

UTARBEIDET AV

Solveig Uglem


SIGNATUR


Solveig Uglem (Jun 2, 2022 10:47 GMT+2)

KONTROLLERT AV

Cecilie Salomonsen

SIGNATUR


Cecilie Salomonsen (Jun 2, 2022 11:47 GMT+2)

GODKJENT AV

Kirsti Greiff

SIGNATUR


Kirsti Greiff (Jun 2, 2022 08:10 GMT+2)

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2022-05-20	Versjon 1 sendt til referansegruppen for gjennomlesing
	2022-05-25	Versjon 1 godkjent av referansegruppen

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	4
2	MÅL	5
3	METODE.....	5
3.1	Forsøksdesign.....	5
3.2	Innfrysing, tining og temperaturmåling	7
3.3	Analyser og kvalitetsvurdering.....	8
3.3.1	Analytiske prosedyrer	10
4	RESULTATER OG DISKUSJON	12
4.1	Drypptap og vannbindingsevne	12
4.2	Sensorisk evaluering	13
4.3	Tekstur	16
4.4	Mikrobiologi	17
4.5	NMR	19
4.6	Oppsummering	20
5	KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID.....	21
6	REFERANSER	21

BILAG/VEDLEGG

A Vedlegg – NMR spekter

1 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 for 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 (modifisert atmosfære), skinpack eller vakuum.
- Konsumentforpakninger av hvitfiskfilet som fryses inn ved hos foredlingsbedriften, transportere og deretter tines nært utsalgsstedene.

Refresh-produksjon kan gi flere fordeler knyttet til holdbarhet og 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.

Torsk av god kvalitet som fryses, lagres og tines ved tilfredsstillende betingelser, kan ha en kvalitet og holdbarhet som fersk torsk. Det hevdes at rask innfrysing gir best kvalitet fordi dette minimerer dannelsen av store iskrystaller i fiskekjøttet. Dannelse av store iskrystaller kan føre til dehydrering og endrede teksturegenskaper. Videre bør en unngå store temperatursvingninger på fryselager siden det kan medføre gjentatt tining og innfrysing av vannfraksjonen. Dette kan gi krystallvekst og skader på vev (Hedges, 2002). Selv om konstant lagringstemperatur opprettholdes, vil det med økende lagringstid skje endringer ved at små iskrystaller avtar i størrelse mens de store krystallene øker. Derfor kan effekten av rask innfrysing i noen grad reverseres dersom lagringstiden blir lang (Reid, 1983). I en oversiktsartikkel som omhandler kvalitet på frossenfisk viser imidlertid Hedges (2002) at den gunstige effekten av rask innfrysing ikke er universell da det i flere studier ikke er funnet noen forskjeller mellom rask og langsom innfrysing. For eksempel ble det ved sammenligning av rask innfrysing av torsk i frysetunnel med langsom innfrysing i fryselager uten luftsirkulasjon, ikke funnet signifikante forskjeller mellom frysemetodene for noen av de tolv ulike kvalitetsparametrene som ble analysert (Erikson m.fl. 2016). Dette til tross for at fisken ble frosset inn umiddelbart etter avliving før degraderingsprosessene hadde startet i fisken.

Hurling & McArthur (1996) studerte frysing og tining av torskemuskel. Basert på flere kvalitetsparametere, blant annet histologi, NMR og sensorisk panel, ble det konkludert med at hurtig tining ga best resultat. Det ble derfor hevdet at kommersiell tining i blokk, noe som gir suboptimal, langsom varmeoverføring kan gi dårligere produktkvalitet. Roiha m.fl. (2018) studerte tining av torsk som var innfrosset pre-rigor i blokk. Resultatene viste at tining i vann, både ved $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ og $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ga fisk av god kvalitet og tilfredsstillende mattrygghet (TVC, H_2S , koliforme, *E. coli* og *Listeria monocytetes* bakterier). Sett i forhold til innfrysningstidspunkt, gir pre-rigor innfrysning bedre kvalitet (blant annet lavere mikrobiell aktivitet) enn innfrysning post-rigor. Kvalitetsforskjellen avtar imidlertid med økende lagringstid ved $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Martinsdóttir & Magnússon, 2001).

Oppsummert viser ulike studier ikke en klar konklusjon når det gjelder frysing og tining av hvitfisk. Ulike innfrysning- og tinemetoder synes å gi tilfredsstillende resultater til tross for store ulikheter i valg av metoder, temperaturer og prosesstider. En mulig tolkning av dette kan være at hvitfisk er relativt robust

med hensyn til kvalitetsendringer under frysing og tining. Av dette følger at ferskheten (kvaliteten) av fisken før prosessering mest sannsynlig er viktigste faktor for å få best mulig kvalitet til forbruker, forutsatt rimelig god kontroll over prosessering og rask distribusjon etter tining (Erikson et al, 2022).

2 MÅL

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.

I denne rapporten presenteres resultater fra en lagringsstudie hvor variasjon i kvalitet og holdbarhet for refresh-produkter av torsk er kartlagt.

3 METODE

3.1 Forsøksdesign

Forsøket inkluderte tre ulike kjeder (A – C), illustrert i Tabell 1 og Figur 2. Kjede A og B var basert på ferskt råstoff, mens kjede C var basert på råstoff som ble fryst inn om bord og tint industrielt før videre prosessering. Kjede A var en kontrollkjede der fersk sløyd fisk ble filetert, porsjonert, pakket i forbrukerpakninger og kjølelagret i 14 dager. I kjede B ble det benyttet samme råstoff som i kjede A, men denne kjeden representerer en refresh-kjede, der produktet ble fryst inn i forbrukerpakning og tint før videre kjølelagring (enkeltfryste produkt). Kjede C representerer også en refresh-kjede, men i denne kjeden var produktet dobbeltfryst. Sløyd, hodekappet 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.

Tabell 1: Tabellen viser fangstdata og håndtering av råvarene for de ulike kjedene

	Kjede A	Kjede B	Kjede C
Fangstområde	Barentshavet		Barentshavet
Fangsttidspunkt	Oktober		Januar
Fangstmetode	Trål		Trål
Håndtering etter fangst	Islagret i 4 døgn		Ombordfryst

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 (Tabell 1). 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. Videre ble råstoffet til kjede C fangstet i januar, mens fisken som ble brukt i kjede A og B ble fangstet i oktober. 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) (Bonilla et al, 2018)

Gjennomsnittlig startvekt for alle loinsene som inngikk i forsøket var 117 ± 10 gram. Det var stor variasjon i dimensjonene på loinsene, avhengig av hvor på fileten loinsen var kuttet fra (Figur 1). I gjennomsnitt var størrelsen på loinsene $11,1 \times 6,2 \times 2,0$ cm (l x b x h).

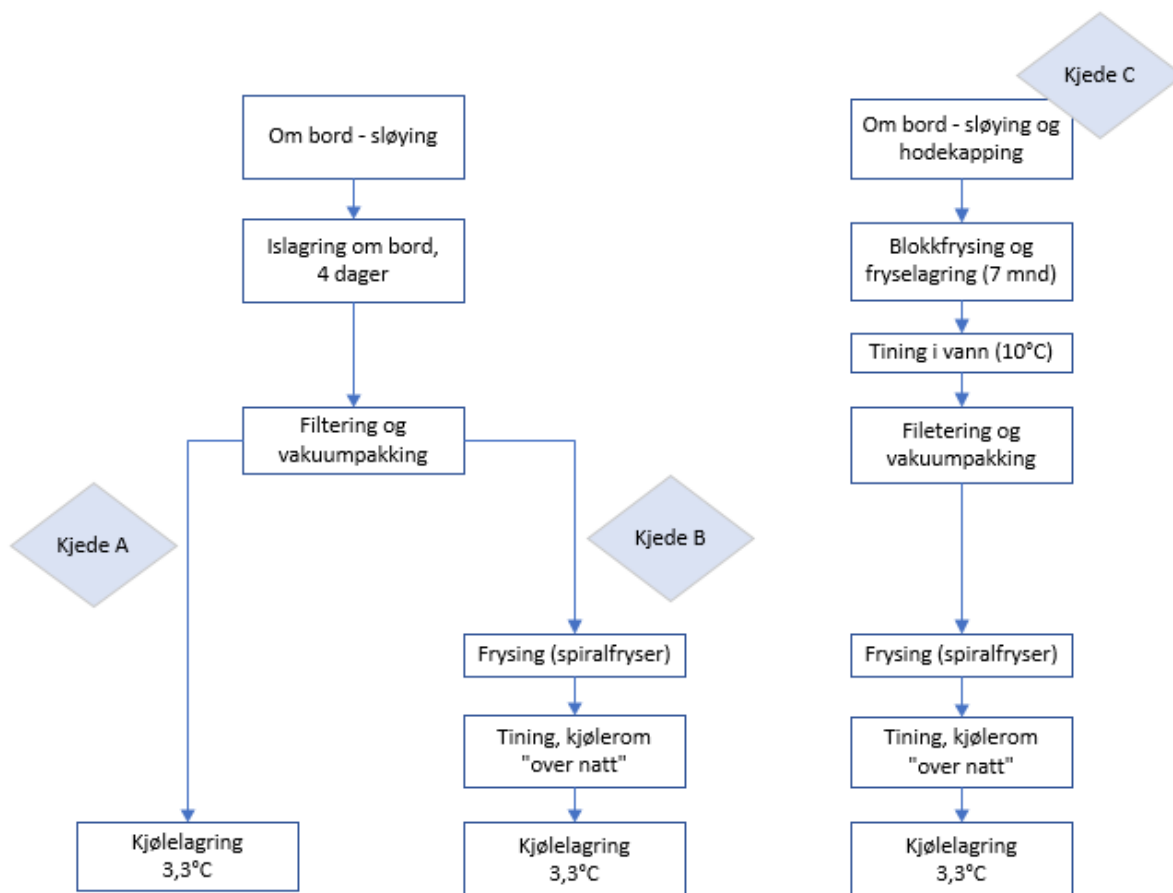


Figur 1: Figuren viser et eksempel på hvordan dimensjonene på loinsene som inngikk i forsøket varierte.

Kjemisk sammensetning av råvarene er gitt i Tabell 2. Resultatene er gitt som gjennomsnittsverdiene i % og standardavviket for vann, protein, fett og askeinnhold i loinsene i de ulike kjedene.

Tabell 2: Tabellen viser gjennomsnittlig innhold (%) av vann, protein, fett og aske i de ulike kjedene

Råstoff	Vann	Protein	Fett	Aske
Kjede A	81,9 ± 0,5	17,3 ± 0,1	0,3 ± 0,0	1,1 ± 0,0
Kjede B	81,5 ± 0,2	17,2 ± 0,2	0,5 ± 0,1	1,1 ± 0,1
Kjede C	80,8 ± 0,3	17,0 ± 0,3	0,4 ± 0,1	1,2 ± 0,1



Figur 2: Kjeder i forsøket. I kjede A var sluttproduktet ferske torskeloins. I kjede B var sluttproduktet enkeltfrost og i kjede C var sluttproduktet dobbeltfrost.

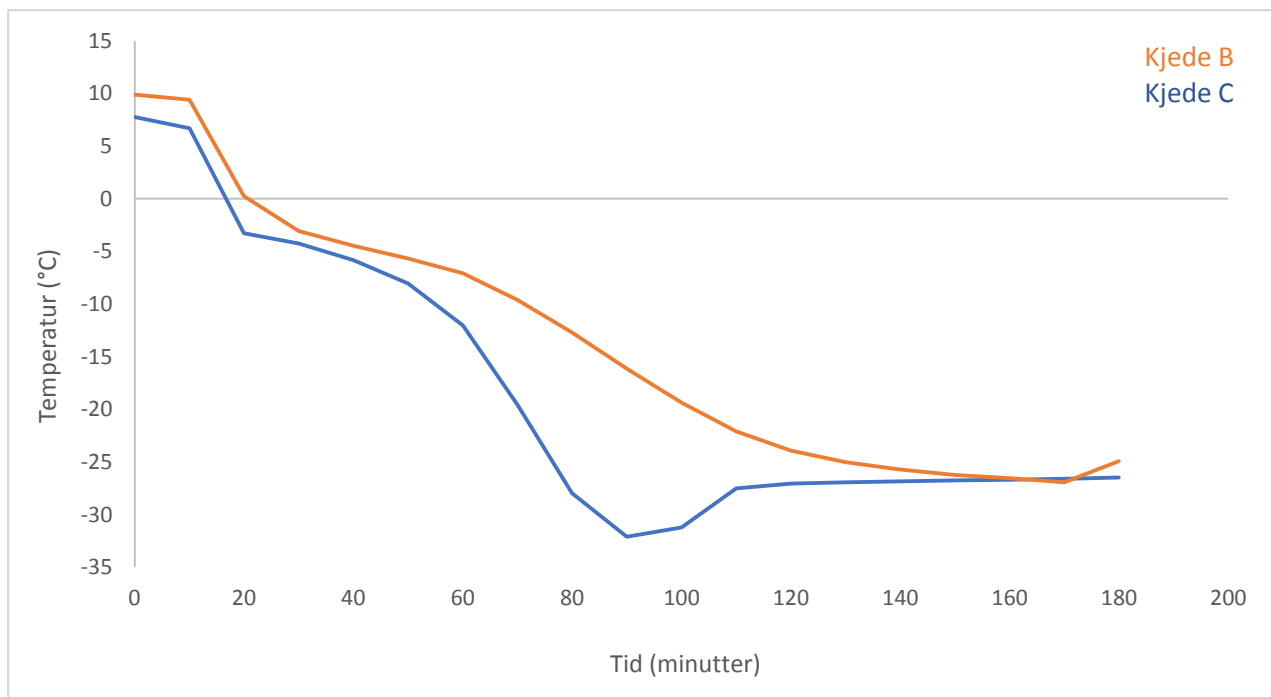
3.2 Innfrysing, tining og temperaturmåling

Temperaturen ble målt i nakken på sløyd, hodekappet fisk ($n=15$) etter tining i sirkulerende vann ved hjelp av et innstiktermometer (Testo 110 logger). Temperaturen på råvaren etter tining var $3,8 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Denne råvaren ble benyttet i kjede C.

Temperaturforløpet ble logget gjennom innfrysingen (Figur 4), ved hjelp av knapploggere (iButton, DS1922L oppløsning $0,0625\text{ K}$, nøyaktighet $\pm 0,5\text{ K}$). For hver kjede ble det plassert knapploggere i bunnen av fem konsumentforpakninger slik Figur 3 viser. Loggerne ble programmert til å logge temperaturen hvert tiende minutt.



Figur 3: Plassering av knappeloggere (iButton) i bunnen av pakken.



Figur 4. Figuren viser temperaturen under innfrysing for de to refresh-kjedene, kjede A og B. For begge kjedene ble produktene fryst inn i spiralfryser hos to ulike industriaktører.

Loinsene i kjede B og C ble tint på kjølerom ved $3,3 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ og ble analysert 16 timer etter at tiningen startet. Ved analysetidspunkt hadde loinsene en temperatur på $2,8^{\circ}\text{C}$.

3.3 Analyser og kvalitetsvurdering

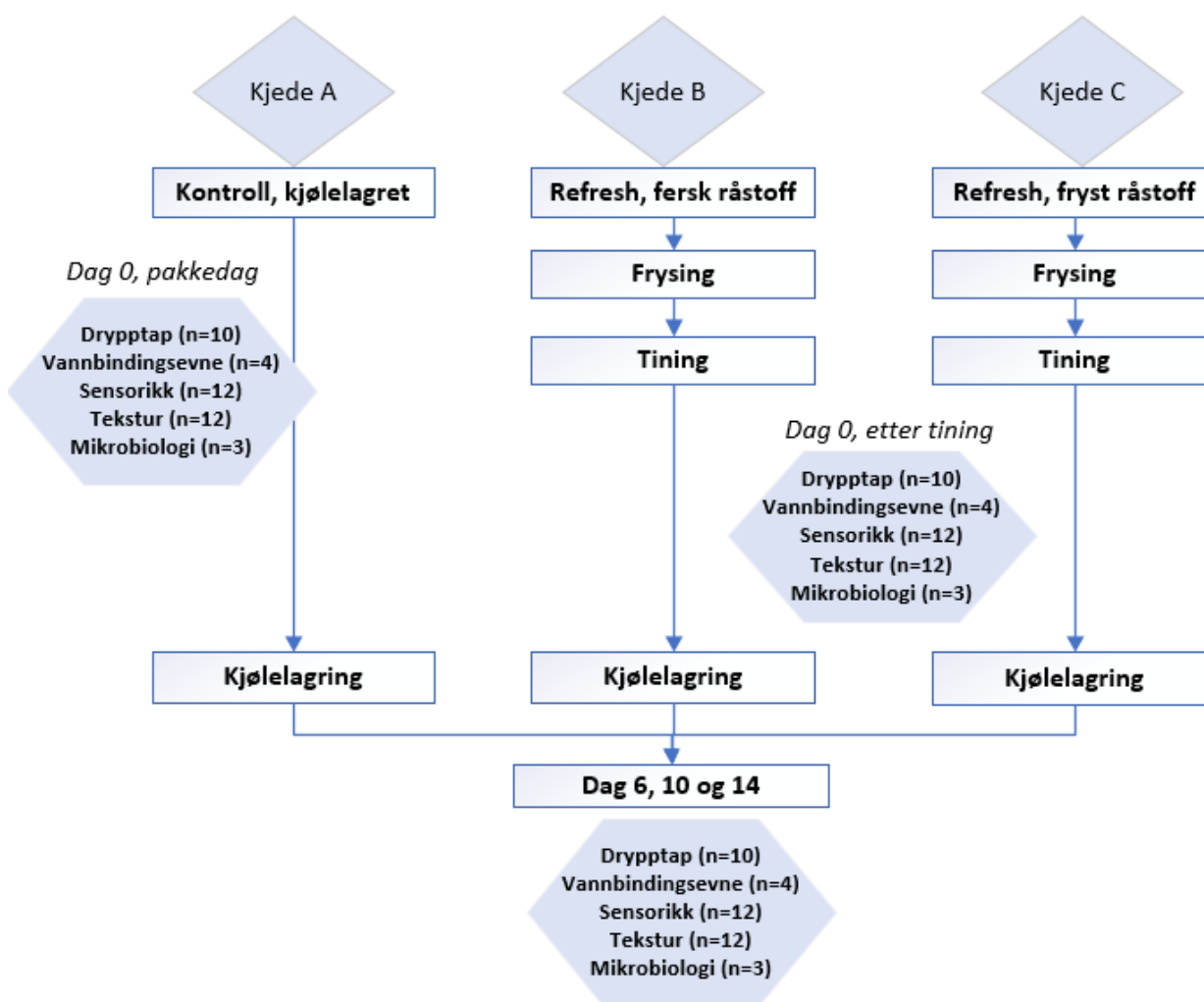
Det ble gjennomført en lagringsstudie for alle tre kjedene, illustrert i Figur 5. For produktene i kjede A (kontrollkjeden) er dag 0 satt til pakketidspunktet, cirka fire døgn etter slaktning. For produktene i refresh-

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 $3,3 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Følgende analyser ble gjennomført i studien:

- Sensorisk vurdering av lukt, farge, gapping, utseende og konsistens på rå loins
- Drypptap
- Tekstur
- Mikrobiologiske analyser av totalkim og H_2S -produserende bakterier
- Kjemiske analyser av vann, protein og fett (dag 0 og dag 14)

Prøvene til mikrobiologi ble fryst ned, og analysert på et senere tidspunkt.



Figur 5: Figuren viser uttak og analyser i forsøket. I kjede A var sluttproduktet ferske torskeloins. I kjede B var sluttproduktet enkeltfryst og i kjede C var sluttproduktet dobbeltfryst

3.3.1 Analytiske prosedyrer

Kjemisk sammensetning

Vanninnholdet/tørrstoff og askeinnholdet ble analysert som beskrevet i NMKL 23 – metoden «vatten och aska. Gravmetrisk bestämning i kött och köttvaror» (NMKL Nr. 23, 1991). Det ble analysert fire ulike loins med fire paralleller for hvert uttak. Prøvene fra vannanalysen ble videre benyttet til å bestemme askeinnholdet.

Fett og protein ble analysert på dag 0 og dag 14 ved hjelp av CN-analysator (analyse av karbon og nitrogen) som beskrevet i Mariotti og kollegaer (2008). Fett ble ekstrahert etter metoden beskrevet av Bligh & Dyer (1959). Prøvematerialet ble pakket i tinnkapsler og tørket i varmeskap på 60°C i to døgn. Fra den finknuste, homogene prøven ble det veid ut en prøvemengde på ca 1,5 mg som ble analysert i CN-analysatoren. Med prøvene ble det kjørt kjente standarder for å kalibrere instrumentet og kvantifisere mengde C og N. For å beregne mengde protein, ble nitrogeninnholdet multiplisert med en faktor på 6,25 (Mariotti et al, 2008).

Drypptap

Drypptapet (%) ble bestemt ved å veie lenkene (hver lenke inneholdt 2 eller 4 loins) rett etter pakking og før videre prosessering. I tillegg ble tom emballasje (n=20) veid for å beregne startvekten av loinsene. På hver uttaksdag ble lenkene veid på nytt og deretter ble loinsene veid hver for seg etter å ha ligget på et filterpapir (Whatman filter no 4). Vekten av enkeltloinsene i lenken ble summert for å finne sluttvekten til lenkene. Drypptapet ble målt på 10 lenker for hvert uttak og hver kjede.

$$\text{Drypptap} = \frac{(\text{startvekt av lenke} - \text{vekt av tom emballasje}) - \text{sum sluttvekt loins i lenke}}{(\text{startvekt lenke} - \text{vekt av tom emballasje})} * 100\%$$

Vannbindingsevne

Vannbindingsevnen ble analysert ved sentrifugeringsmetode som beskrevet av Eide og kollegaer (1982). For hvert uttak ble det benyttet 4 paralleller. Vannbindingsevnen (%) ble kalkulert som

$$\text{Vannbindingsevne}(\%) = \frac{100\% * (\%vann - \%vekttap)}{\%vann}$$

Sensorisk vurdering

Den sensoriske vurderingen ble gjennomført av 3 semi-trente dommere ved hvert uttak. 12 rå loins fra hver kjede ble vurdert ved hvert uttak. Alle dommerne vurderte hver prøve individuelt i tilfeldig rekkefølge mens loisene lå på et Brett. Prøvene ble hentet fra kjølerom (3,3°C), rett før testen startet.

De sensoriske egenskapene ble vurdert i henhold til revidert QIM-skjema som tidligere er benyttet i en tinningsartikkel (Roiha et al., 2018). I dette forsøket ble det i tillegg benyttet en fargeskala for rødhet og blod i årer. Parametere og skalaer som inngikk i forsøket er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Vurderingsskjemaet som ble brukt i sensorisk evaluering

Parameter	Beskrivelse	Skala
Tekstur	Fast	0
	Fingertrykk forsvinner	1
	Myk, ingen spenst	2
Farge 1	Skinnende, karakteristisk for art	0
Matthet	Matt farge, karakteristisk for art	1
	Små gule prikker, farge veldig matt	2
	Store gule prikker, karakteristisk farge forsvunnet	3
	Gul og slimete	4
Farge 2	Ingen rødfarge/brunfarge eller blod i årer	0
Rødhhet	Rød, blod i årer, lite område	1
	Rød, blod i årer, stort område	2
	Brun, lite område	3
	Brun, stort område	4
Lukt	Frisk, tang, metallisk	0
	Luktfri	1
	Fiskelukt, begynnende tinelukt	2
	Lukt av tint fisk, sur, begynnende ammoniakk	3
	Sterk ammoniakklukt, rått	4
Gaping	Ingen gaping	0
	Gaping <20% (1-3) langsgående spalter	1
	Små spalter i ett område (20%) eller >3 langsgående spalter	2
	Gaping, 25 – 75% av loinsen	3
	Dype spalter eller gaping i mer enn 75% av loinsen	4
		Total score 0 - 18

Parameterne ble summert opp til en totalscore (0 – 18) som er benyttet ved sammenligning mellom gruppene. Totalscoren vil gi en kvalitetsindeks, og gir en indikasjon av lagringstid og gjenværende holdbarhet. 0 indikerer ingen tap av kvalitet. Dess høyere score, dess lavere har dommerne vurdert den sensoriske kvaliteten ved uttakstidspunktet.

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 sylindrerformet probe med flat bunn og en diameter på 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 motsatt side av skinnsiden på 12 loins fra hver kjede ved dag 0, 6, 10 og 14. Det ble gjort 3 teksturmålinger på hver loins. Resultatene er gitt som kraften (N) som trengs for å komprimere loinsen til 30% av initiell loinshøyde.

Fra teksturmålingene ble parameterne fasthet, spenst og kohesivitet beregnet. Fasthet (*hardness*, N) er et mål på maks kraft under første kompresjon (i denne studien 30%). Kohesivitet sier noe om hvor godt produktet står imot den andre kompresjonen i forhold til den første, altså evnen til å komme tilbake til original form. Spenst (*springiness*, %) er et mål på tiden et produkt bruker på å fjære tilbake etter en deformasjon.

Mikrobiologi

Ved hvert uttak ble tre loins analysert for total kim (TVC) og H₂S-produserende bakterier. Prøvene ble dyrket på jernagar ved 22°C i 72±6 timer basert på NMKL 185 – metoden «Kimtal og spesifikke fordærvelsesbakterier i fisk og fiskevarer» (NMKL, 2006).

Totalt flyktig nitrogen

Totalt flyktig nitrogen (TVN) ble analysert på stikkprøvebasis ved eksternt laboratorium (Eurofins). Analysen ble utført individuelt på to loins fra uttaksdag 6, 10 og 14 for kjede A og 0, 10 og 14 for kjede B og C.

NMR

Det ble gjennomført kjernemagnetisk resonans (NMR) analyser av både muskelprøver og tinevannet av loinsen for å studere utvalgte metabolitter som dannes under lagring pga autolytisk- eller bakteriell aktivitet, og som kan påvirke holdbarhet, lukt og smak. Det ble valgt å benytte prøver fra uttaksdag 0, 10 og 14, og to paralleller av både tinevann og muskelprøver ble analysert for hvert uttak. Syreekstraksjonen ble gjennomført på muskelprøver i henhold til Standal et al. 2006.

I NMR – rørene ble ekstrakt (0,1 mL) fortynnet til 0,6 mL, ved å tilsette 0,5 mL deuteriert PBS (Fosfatbufret saltvann) buffer med 0,5 Mm DSS (Natriumtrimetylsilylpropansulfonat) som intern standard. Tinevann ble kjørt direkte etter tilsats til PBS buffer. NMR analysene ble utført ved 25°C på et Bruker Avance 600 MHz spektrometer (Bruker Biospin GmbH, Rheinstetten, Germany) ved NMR laboratoriet hos NT fakultetet ved NTNU. For databehandlingen av NMR – spektrene ble programvaren TopSpin 4.1.4 benyttet.

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=12 prøver for hver kjede ved hvert uttak med standardavvik gitt, om ikke annet er angitt. ANOVA ble benyttet for å vurdere om det var signifikante forskjeller for ulike kvalitetsparametere ved ulike uttakstidspunkt innad og mellom gruppene. Nivå for signifikans ble satt til $p < 0,05$

4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Drypptap og vannbindingsevne

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, som for eksempel ved frysing, kan noe av væsken lekke ut som drypptap. Drypptapet etter tining og kjølelagring er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Tabellen viser drypptap (%) og vannbindingsevne (%) for de ulike kjedene og uttaksdagene

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

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 ($p < 0,05$).

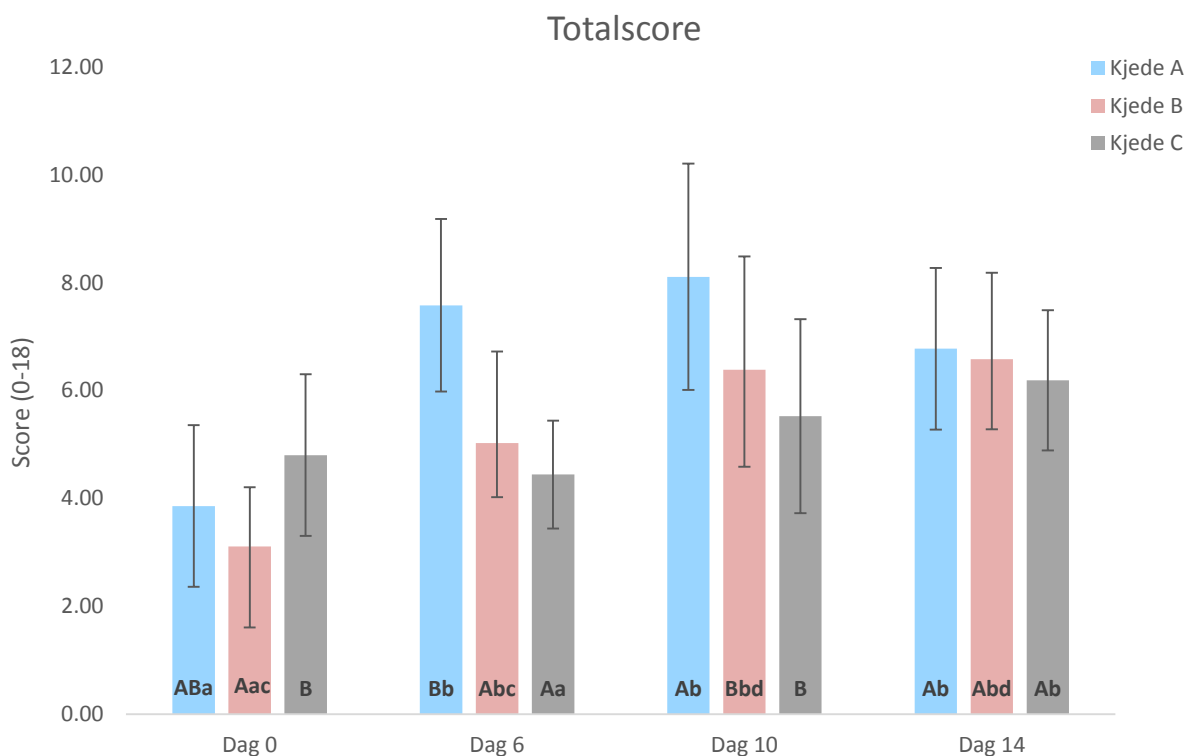


Tinetapet var lavere for kjede B som var enkeltfrost ($4,4\pm 1,6\%$) sammenlignet med kjede C ($12,0\pm 1,4\%$) som var dobbeltfrost ($p<0,01$). Mesteparten av drypptapet oppsto i løpet av de første seks til ti dagene for alle prøvene. De kjølte prøver hadde lavest drypptap ved alle uttakspunkter i løpet av lagringsperioden på 14 dager ($p<0,05$). I motsetning til andre studier, som har vist at drypptapet øker betydelig som funksjon av tid (Bøknæs et al., 2001; Jensen et al., 2010; Kristoffersen et al., 2010), ble det kun observert en svak tendens i denne studien. Resultatene er i samsvar med andre studier som viser at maksimalt drypptap for fersk torsk ble observert etter 10 dagers kjølelagring (Aune et al., 2014; Kristoffersen et al., 2007; Jensen et al., 2010). 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). At loinsene var vakuumpakket kan trolig også ha påvirket drypptapet sammenlignet med resultat fra hel, islagret torsk eller filet. Mekanisk kraft under vakuumering vil også kunne påvirke mengden væskeslipp.

De ulike prosesseringsmetodene påvirket vannbindingsevnen (WHC). Kjede C (basert på frossen råvare) hadde lavere vannbindingsevne sammenlignet med kjedene basert på ferskt råstoff (A og B) ($p<0,05$). Vannbindingsevnen økte med tiden. Prøvene i kjede A og B hadde mest sannsynligvis mistet mesteparten av det løst bundne vannet under islagringen før pakking, slik at det hovedsakelig var det fast bundne vannet som var igjen. Økningen i vannbindingsevne kan også være knyttet til oppkonsentrering av salter på grunn av drypptapet.

4.2 Sensorisk evaluering

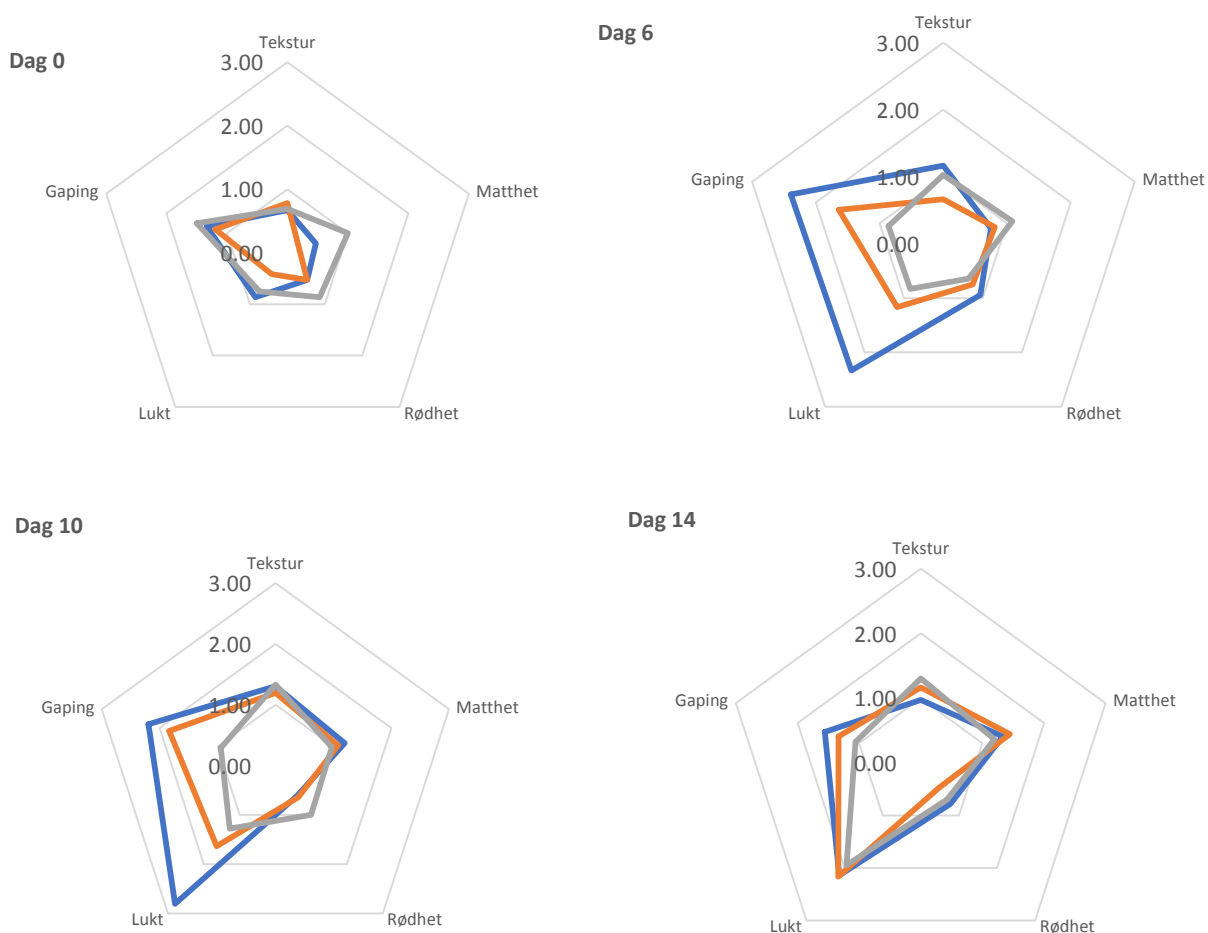
Den sensoriske evalueringen viste at refresh-produktene hadde bedre lagringsstabilitet (lavere score) enn produktene som ikke hadde vært frost. Videre hadde produktene i kjede C, som var dobbeltfrost, bedre lagringsstabilitet enn produktene i kjede B som var enkeltfrost (Figur 6). Totalscore økte med tiden frem til dag 10 for alle prøvene, noe som indikerer at dommerne opplever at produktene får dårligere kvalitet utover i lagringsperioden. På dag 0 var det spesielt farge, både matthet og rødhet, som bidro til at prøvene i kjede C hadde høyere score enn de to andre kjedene (Figur 7).



Figur 6: Figuren viser totalscore (gjennomsnitt og standardavvik) 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. A og B viser signifikante forskjeller mellom kjedene på de ulike uttaksdagene ($p < 0,05$), mens a, b, c og d viser forskjeller innad i kjeden gjennom lagringstiden.

Ved uttakstidspunktet etter seks dager ble kvaliteten til produktene i refresh-kjedene (kjede B og C) vurdert som bedre (lavere totalscore) enn kontrollen (kjede A) ($p < 0,01$). Denne forskjellen ble også observert mellom refresh-kjeden basert på fryst råstoff (kjede C) og kontrollen (kjede A) etter 10 dagers kjølelagring ($p < 0,05$). I tidligere studier, der refresh er sammenlignet med fersk distribusjon, har imidlertid de ferske produktene blitt vurdert til å ha bedre sensorisk kvalitet under lagring (Fagane et al., 2003, 2004; Yin et al., 2014; Martinsson et al., 2011). Resultatene fra denne studien kan imidlertid være knyttet til alder på råvaren før prosessering, som vist i tidligere studier (Bonilla et al. 2007).

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). Det er utviklet QIM skjema for å vurdere ferske torskefileter (Bonilla et al., 2007), men vi har ikke funnet skjema 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. Det er derfor vanskelig å sammenligne resultatene fra denne studien direkte med andre studier.



Figur 7: Figuren viser score for de ulike sensoriske attributtene (tekstur, gaping, lukt og farge) på dag 0, 6, 10 og 14 for kjede A (blå), B (oransj) og C (grå).

Det var spesielt lukt og gaping som bidro til at kjede A fikk høyere totalscore under kjølelagringen (Figur 7). I denne studien ble dag 0 satt til pakkedag for den ferske kjeden. Det betyr at råstoffet var cirka 4 dager gammelt ved pakking, og dette kan ha påvirket resultatene. Frysing og fryselagringen i 17 dager ser imidlertid ut til å ha forsinket luktutviklingen, siden kjede B har lavere score for lukt etter kjølelagring i seks og 10 dager. Dårlig lukt i fiskeprodukter forbindes gjerne med gammel fisk. Lukt av fisk og sjømat avhenger av mange prosesser, og endringer i lukt kan skyldes biokjemiske, bakteriologiske eller kjemiske prosesser (Lindsay, 1991).

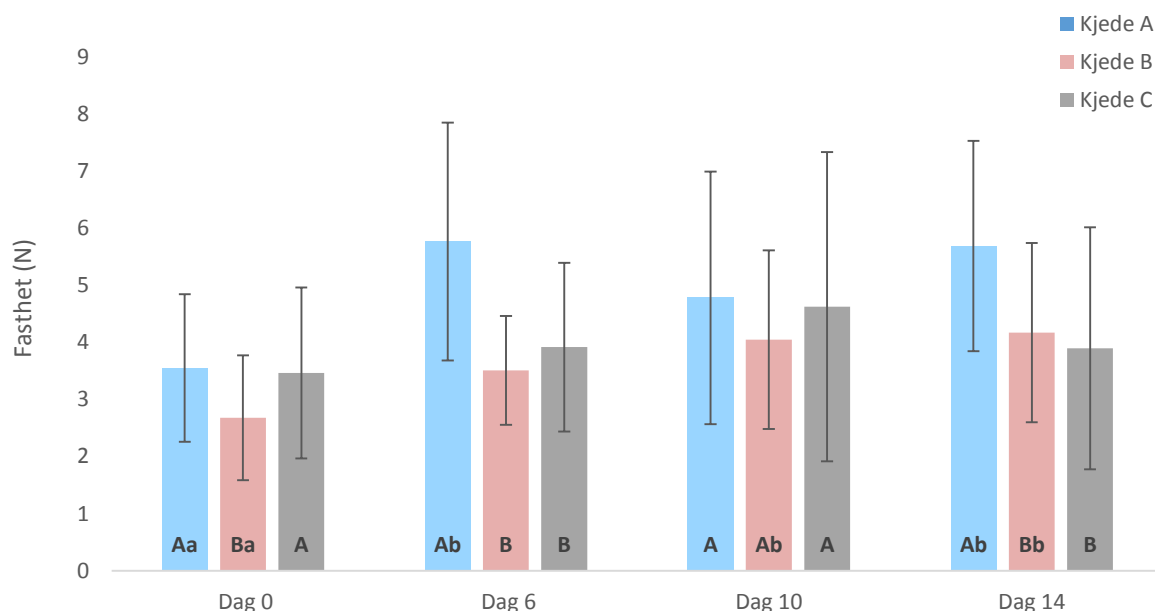
For å forklare luktutviklingen, ble innholdet av total flyktig nitrogen (TVN) analysert på stikkprøvebasis på noen uttaksdager. Totalt flyktig nitrogen benyttes ofte som en ferskhetsindikator og er det vi gjerne opplever som dårlig lukt. TVN består i hovedsak av TMA (trimetylamin) og ammoniakk (NH_3), og spesielt en økning i TMA på grunn av bakteriell omdanning fører til en økning i TVN. Det høye nivået av TVN for kjede A kan forklare at dommerne ga høy score for lukt allerede på dag seks (94 mg/100g). Siden forsøket startet etter fire dagers islagring før produktene ble foredlet, kan dette ha påvirket resultatene. Innholdet av TVN holdt seg relativt stabilt frem til uttaksdag 14 for kjede C og dette samsvarer godt med luktutviklingen. Frysing ser også ut til å ha forsinket utviklingen av TVN, siden kjede B har lavere verdier for TVN på uttaksdag 10 sammenlignet med kjede A. Det ble imidlertid kun analysert to loins for TVN på noen uttaksdager, så resultatene er forbundet med stor usikkerhet.

Gaping eller filetspalting oppstår når bindevevshinnene brytes ned. Dette kan ha mange årsaker, men lav muskel-pH på grunn av stress før slaktning (Erikson et al, 2019) og frysing og tining kan blant annet bidra til gaping (Foegeding et al., 1996). I denne studien ble det observert høyest score på gaping for produktene som ikke gjennomgikk en fryse- og tineprosess.

Sensoriske attributter og hvordan dette påvirker forbrukeres valg er beskrevet i andre studier (Grunert, 2002; Grunert, 2005; Brunstøl et al., 2009). Kvalitet på sjømat blir ofte vurdert ut ifra 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 lettvinthet og kvalitet knyttet til frossen fisk (Brunstøl et al., 2009).

4.3 Tekstur

Tekstur er en viktig sensorisk egenskap som i stor grad påvirker forbrukernes oppfatning av produktet. I denne studien ble fasthet målt med en probe som imiterte en finger. Parameterne spenst og kohesivitet ble beregnet ut i fra disse målingene. Ulike prosesseringmetoder hadde effekt på teksturegenskaper til loinsene (Figur 8).



Figur 8. 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.

Fasthet eller hardhet er et mål på motstand produktene har ved en gitt kompresjon, i denne studien 30%. Dess høyere verdi, dess fastere er prøvene. Resultatene viser at frysing og tining påvirker fastheten til torskeloinsene og at de kjølte loinsene var fastere (det trengs mer kraft for å komprimere prøven). Målingene for fasthet viste en signifikant økning med lagringstiden ($p < 0,05$) for kjede A og B, samt samme tendens for kjede C. 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. 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. Tekstur er også en egenskap som viser betydelig spredning mellom individer og mellom ulike deler av samme filet (Mørkøre et al, 2014). Vi kunne ha laget mer

ensartede prøver, men tilskjæring av prøvene blant annet hvor på loinsen prøvene ble tatt ut og mengden bindevev i biten kunne også ha påvirket resultatene.

Endring i tekstur på grunn av frysing er godt dokumentert (IIR, 1986). Frysing og fryselagring er assosiert med proteindenaturering og aggregering (Mackie, 1993). Selv om de fryst-tinte loinsene (kjede B) ble oppfattet å ha dårligere konsistens både i den sensoriske testen og målt instrumentelt på dag 0 like etter tining, var forskjellen ikke signifikant ($p > 0,05$) sammenlignet med kjede A. Frysing kan påvirke teksturegenskapene og gi et tørrere produkt på grunn av iskrystaldannelse, endring i muskelproteinene og membranødeleggelse (Dawson, 2018) som kan føre til økt drypptap.

Økningen i fasthet gjennom lagringstiden er noe overraskende. Andre studier har vist at fisken blir mindre fast ved kjølelagring (Hyldig & Nielsen, 2001; Uglem, 2021, Gallart- Joner, 2007, Yin et al, 2014) mest sannsynlig på grunn av degraderingen av muskel – og bindevevsproteiner som skjer i muskelvevet til fisk post mortem (Wang, 2011). Økningen i fasthet som ble observert i løpet av lagringstiden i denne studien kan ha sammenheng med drypptapet og oppkonsentrering av salter som kan ha påvirket vannbindingsevnen og dermed tekturen.

Tabell 5: Tabellen viser elastisitet (%) og kohesivitet (N) for de ulike kjedene og uttaksdagene

	Uttaksdag	Ferskt råstoff		Fryst råstoff
		Kjede A	Kjede B	Kjede C
Elastisitet (%) (n=10)	0	81,5 ± 7,5 ^{Aa}	79,9 ± 9,3 ^A	83,2 ± 6,4 ^{Aa}
	6	80,5 ± 6,0 ^A	82,3 ± 7,8 ^{ABb}	85,0 ± 5,4 ^B
	10	76,4 ± 8,1 ^{Ab}	75,5 ± 6,1 ^{Aa}	86,7 ± 6,6 ^B
	14	78,8 ± 5,8 ^A	81,3 ± 5,7 ^{Ab}	88,5 ± 6,7 ^{Bb}
Kohesivitet (N) (n=12)	0	0,5 ± 0,0 ^A	0,5 ± 0,0 ^{Aa}	0,6 ± 0,0 ^{Ba}
	6	0,5 ± 0,0 ^{Abc}	0,6 ± 0,0 ^{Bbc}	0,7 ± 0,0 ^{Cb}
	10	0,5 ± 0,0 ^{Aa}	0,5 ± 0,0 ^{Ba}	0,7 ± 0,1 ^C
	14	0,6 ± 0,0 ^{Abd}	0,6 ± 0,0 ^{Bbd}	0,6 ± 0,0 ^C

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

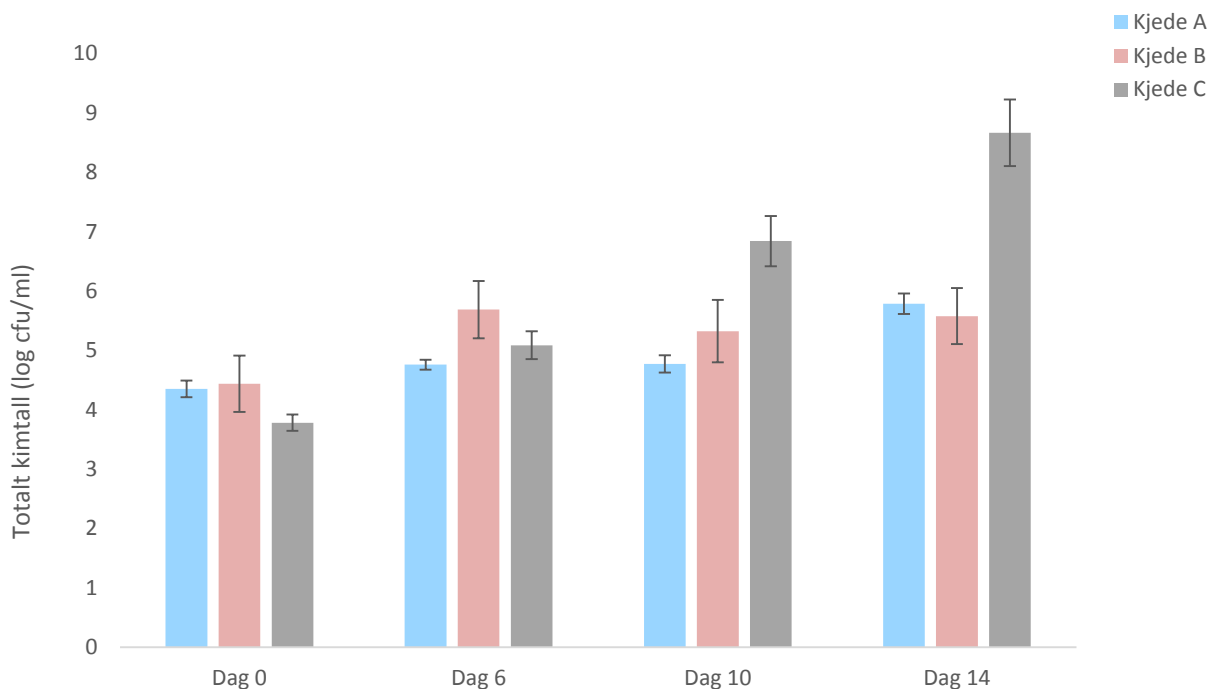
Loinsene i kjede C (dobbeltfryst) hadde bedre spenst og kohesivitet (Tabell 5) enn produktene i kjede A og B. Spenst er et mål på om produktet gjenvinner fasongen (elastisitet), mens kohesivitet sier noe om deformering av prøven. Under den sensoriske vurderingen ble det observert at produktene i kjede C virket mer sammenhengende og gummiaktig, selv om tekstur målt ved fingertrykk, var stort sett likt for alle kjedene ved alle uttakstidspunktene (Figur 7). Dette kan muligens forklares ved at fisken har mistet mye vann ved at den er dobbeltfryst og at produktet dermed er tørrere. Dersom kohesiviteten er 1 er deformeringen elastisk og prøven vil gjenoppta sin opprinnelige form mellom kompresjonene (Hultmann og Rustad, 2002). Høyere verdier indikerer at det kreves mer kraft for å presse i stykker loinsen.

4.4 Mikrobiologi

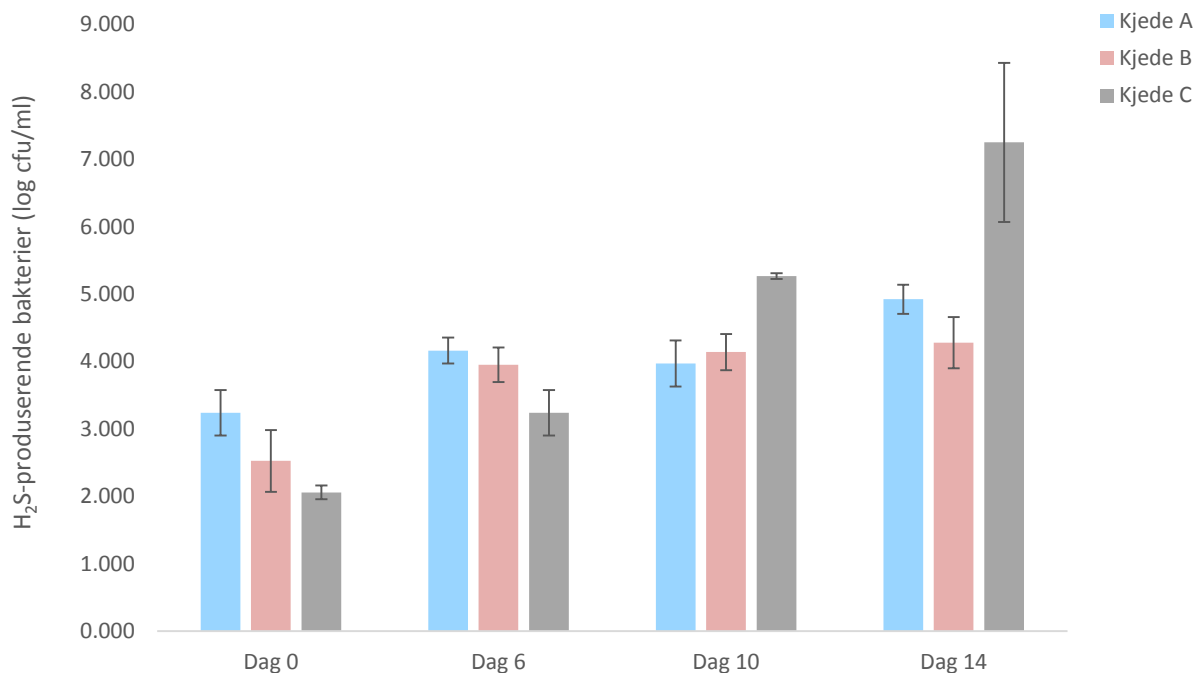
Resultatene for totalt kimtall og H₂S-produserende bakterier er gitt i Figur 9 og Figur 10. Som forventet økte både totalt kimtall og H₂S-produserende bakterier gjennom kjølelagringsperioden ($p < 0,05$). Mange faktorer kan påvirke den mikrobielle veksten. I tillegg til den tilstedeværende mikrofloraen, vil håndtering og prosessering, faktorer i produksjonsmiljøet og temperatur påvirke den mikrobielle veksten og dermed holdbarheten (Bøknæs et al., 2000, 2001, 2002; Magnússon & Martinsdóttir, 1995). Både kimtall og H₂S-produserende bakterier var høyest for produktene som var dobbeltfryst (kjede C) ved slutten av lagringsperioden. På dag 0 hadde imidlertid begge gruppene basert på det ferske råstoffet høyere verdier

sammenlignet med de dobbeltfryste loinsene, selv om det kun var signifikante forskjeller mellom kjede B og C ($p < 0,05$).

Et høyt kimtall er ofte relatert til et høyt antall SSOer (spesifikke bedervelsesorganismer) som forårsaker uønsket lukt og smak forbundet med forringelse av sjømat (Gram & Dalgaard, 2002; Gram og Huss, 1996), men det trenger ikke være det. For hvit fisk som lever i kalde farvann, er *Pseudomonas spp.*, *Shewanella putrefaciens* og *Photobacterium phosphoreum* dominerende bedervelsesflora (Roiha et al., 2018). Det er kjent at prosesserings- og pakkemetoder kan forårsake endringer i utviklingen og sammensetningen av kvalitetsforringende bakterier og hvilke bakterier som blir dominante (Gram og Huss, 1996). Under aerobe forhold er *Pseudomonas spp.* og *S. putrefaciens* dominerende og vil produsere H_2S og TMA. Under anaerobe forhold, dersom produktet er pakket i for eksempel vakuum eller MAP, er *P. phosphoreum* dominant siden den vokser under anaerobe forhold (Daalgard et al, 1993). Den viktigste indikatoren for vekst av disse bakteriene er TMA, lite H_2S produseres.



Figur 9. Viser gjennomsnittlig utvikling av totalt kimtall gjennom lagringsforsøket på 14 dager, og standardavvik for kimtallsanalysene ($n=3$).



Figur 10. Gjennomsnittlig utvikling gjennom lagringsforsøket med standardavvik for H₂S-produserende (svarte kolonier) bakterier (n=3).

Tining i vann brukes ofte i sjømatindustrien for å tine blokker av ombordfryst fisk. I tillegg til at fisken er utsatt for mikrobiell kryssforurensning fra mennesker og utstyr, er fisken i direkte kontakt med tinemediet, noe som kan øke risikoen for krysskontaminering. Råvaren til kjede C ble tint i vann før videre filetering og pakking, og dette kan forklare de høyere mikrobielle verdiene under kjølelagring for denne gruppen.

4.5 NMR

NMR spektroskopi er en velegnet metode for å studere kvalitetsendringer ved lagring. Fra NMR analyser på ekstrakter av fiskemuskel detekteres og kvantifiseres rundt 30 ulike lavmolekylære forbindelser. Komponenter som er relevant for kvalitet av fisk, er f.eks. nukleotider (ATP/ADP/AMP etc.), frie aminosyrer, biogene aminer, dipeptider (taurin og anserine) og osmolytter (som TMAO) (Standal et al. 2006). Ved kjølelagring av fisk vil man se endringer i mengde og profil av slike forbindelser på grunn av autolytiske enzymer, proteolytiske enzymer, eller mikrobiell aktivitet (Huss, 1995). TMAO er en osmolytt man finner i fiskemuskel, som brytes ned til TMA av bakterielle enzymer. TMA har en viktig rolle knyttet til kvalitetsforringelse av fisk, på grunn av den ubehagelige lukten og dårlig smaken som dannes (Roiha et al., 2018).

NMR-spektrene (se NMR-spekter i vedlegg, utdrag mellom 2.5 – 3.5 ppm) fra muskelprøver og tinevann viste at det ved dag 0 nesten ikke var TMA i noen av prøvene, noe som indikerer at fisken hadde en god mikrobiologisk kvalitet like etter tining. TMA- innholdet økte over tid, både for muskel- og tinevannsprøvene, og ved dag 10 og 14 var nesten all TMAO omdannet til TMA for kjede A (fersk) og kjede B (enkeltfryst), mens det for kjede C (dobbelstfryst) fortsatt var en del TMAO igjen. Resultatene tyder dermed på at aktiviteten av bakterier som bryter ned TMAO er lavere etter tining i kjede C – noe som kan skyldes gjentatt frysing/tining som både kan påvirke overlevelse av bakterier, og aktiviteten til bakterielle enzymer.

Forholdet mellom ulike ATP-degraderte produkter er en god indikator på ferskhet av fisk (Hong et al. 2017). Kort tid etter slakting vil nukleotider som ATP/ADP/AMP omdannes videre til IMP ved autolytiske enzymer, som etter videre lagring omdannes til inosine/hypoxantin (Standal et al.2006). I fersk fiskemuskel dominerer IMP, som er kjent for å ha gi god fiskesmak (umami), mens hypoxantin er kjent for å gi en "uønsket" smak og lukt i fiskeprodukter. Relativt innhold av de ulike forbindelsene er ofte benyttet som en ferskhetsindikator (K-verdi) for fisk (Saito, 1959, Erikson et al.1997, Standal et al., 2018). Ved start (Vedlegg, Figur 11-14, 8-8.5 ppm) ses det at det er Inosine som dominerer i de fleste muskelprøvene, men også noe IMP er detektert noe som indikerer god ferskhet. Resultatene tyder også på at kjede C har mer IMP ved start, selv om det er stor variasjon mellom de to parallellene. Ved dag 10 er all inosine brutt ned til hypoxantin i muskelprøver fra kjede A og kjede B, mens kjede C har inosin igjen både ved dag 10 og dag 14. Også i prøver av tinevann har man inosin igjen ved dag 14 for kjede C.

Mulige forklaring på at økningen i hypoxantin etter tining er lavere for kjede C kan både være at dette råstoffet ble frosset inn på et tidligere tidspunkt (om bord), forskjeller i tine/fryseprosess, og/eller at gjentatt frysning/tining har inaktivert autolytiske enzymer i større grad.

Kjede C (dobbeltfrost) hadde betydelig lavere innhold av TMA og hypoxantin etter 10 og 14 dagers lagring sammenlignet med de to andre kjedene (ferskt og enkeltfrost råstoff). En forklaring på dette er at den raske innfrysningen om bord i kjede C kan ha bremset bakteriell og enzymatisk aktivitet. Til sammenligning ble råstoffet i kjede A (fersk) og kjede B (enkeftfrost) lagret på is om bord i 4 dager før prosessering ved landanlegg, noe som gjør at den enzymatiske og bakterielle nedbrytningen allerede var godt i gang før prosessering og frysing av vakuumpakkede torskeloins. Men, det kan ikke utelukkes at fryse/tineprosess, fryselagringstid eller gjentatt frysing/tining også har påvirket aktiviteten til autolytiske og bakterielle enzymer.

4.6 Oppsummering

Denne studien viser at råvarekvaliteten før prosessering er en viktig faktor for å få best mulig kvalitet til forbruker. Produktene basert på råstoff som ble frost inn raskt etter fangst (kjede C) hadde bedre sensorisk lagringsstabilitet enn produktene som ble foredlet av ferskt råstoff (kjede A og B). Frysingen ser også ut til å forsinke utviklingen av dårlig lukt, TVN, dannelsen av TMA og hypoxantin. Dette samsvarer godt med ønsket fra industrien om å kunne supplere produksjonen med frosne blokker i deler av året der produksjonen er lav, og anlegget kanskje hadde måtte stenge ned. For kjede A (fersk) og kjede B (enkeftfrost) hadde råstoffet vært lagret på is i 4 døgn før det ble landet og prosessert ved landanlegget. Dette er ikke uvanlig for kombinasjonstrålere, da de ofte fyller opp frysen med fisk før den går over til å fangste fersk fisk som lagres på is. Fersk trålfangst fisk er da ofte 2-5 døgn når den leveres til foredlingsanlegg på land.

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 islagret før foredling, bør holdbarheten justeres ned i henhold til dette. Resultatene er i samsvar med tidligere studier som også har vist at råvarekvaliteten er viktig for holdbarheten til sluttproduktet. Vyncke (1983) undersøkte om det var forskjell i kvalitet mellom torskefileter pakket i vakuum som var frosset/tint og ferske fileter. Basert på sensorisk evaluering, hadde fileter lagret ved -28°C i en uke før tining på is, to dager lenger holdbarhet enn ferske fileter med tilsvarende lagringstid på is. Det bør her legges til at disse forskjellene var målbare til tross for at fisken var seks dager gammel før forsøket tok til. I kontrast til dette rapporterte Magnusson & Martinsdottir (1995) at sensorisk kvalitet på tinte torskefileter ikke nådde opp til kvaliteten på ferske fileter. Kvaliteten jevnet seg ut etter 10 - 12 dager på is, på et tidspunkt hvor filetene ble bedømt som uakseptable. Tidligere analyser (Roiha et al., 2018) har vist at holdbarheten til frossen-tint torskefilet var 10 - 14 dager ved en temperatur på 0 - 2 °C. Mens en studie av Bonilla et al., (2007) estimerte en holdbarhet på 7 - 10 dager. Årsaken til at man i studien fra Roiha

et al. (2018) så en lengre holdbarhet, kan forklares med at fisken her var fryst inn på båten, mens fisken i studien fra Bonilla et al. var fryst inn tre til fem dager etter fangst.

Drypptapet var høyere for produktene som hadde vært fryst og dette gjaldt særlig de dobbeltfryste produktene i kjede C. I studien av Fagan og kollegaer (2003) ble det, som i vår studie, observert at drypptapet var høyere for fryst-tinte produkter sammenlignet med produkter som ikke har vært fryst. Både drypptapet og mikrobiell vekst økte utover i lagringsperioden. Siden drypptap er et godt vekstmedium for bakterier og ikke minst kan oppfattes negativt av forbruker, 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 & Oliveira, 2016; Tavares et al, 2021). En absorbent vil kunne fange opp noe av drypptapet og bedre det visuelle inntrykket.

5 KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID

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 total kim 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 etter fangst, 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.

Denne studien er gjennomført i industriell kontekst og gir en oversikt over 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. Hvordan forbrukeren oppfatter kvaliteten etter tilberedning er også et tema for videre forskning. Valg av pakkemetode og emballasjemateriale er viktig med tanke på kvalitet og holdbarhet. Studier har vist at pakking i modifisert atmosfære kan forlenge holdbarheten på fersk fisk. En absorbent vil kunne fange opp noe av drypptapet og bedre det visuelle inntrykket av produktet. Effekt av ulike pakkemetoder for å forlenge holdbarhet bør undersøkes i videre studier.

Vi har ikke funnet en standardisert QIM-metode for vurdering av skinn- og beinfrie loins i litteraturen, så dette er et felt som bør studeres nærmere. 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 interessante tema for videre forskning.

6 REFERANSER

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

Aune, T.F., Olsen, R.L., Akse, L., Ytterstad, E., Esaiassen, M., (2014). Influence of different cold storage temperatures during the Rigor mortis phase on fillet contraction and longer-term quality changes of Atlantic cod fillets. *LWT - Food Sci. Technol.* 59(1): 583–586.

Bonilla, A.C., 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: 352-358.

Brunsnø, K., Verbeke, W., Olsen, S.O., Jeppesen, L.F. (2009). Motives, Barriers and Quality Evaluation in Fish Consumption Situations. *British Food Journal*. 111 (7): 699-716

Bøknæs, N., Østerberg, C., Nielsen, J., Dalgaard, P., (2000). Influence of Freshness and Frozen Storage Temperature on Quality of Thawed Cod Fillets Stored in Modified Atmosphere Packaging. *LWT - Food Sci. Technol.* 33(3), 244–248.

Bøknæs, N., Østerberg, C., Sørensen, R., Nielsen, J., Dalgaard, P., (2001). Effects of technological parameters and fishing ground on quality attributes of thawed, chilled cod fillets stored in modified atmosphere packaging. *LWT - Food Sci. Technol.* 34(8), 513–520.

Bøknæs, N., Jensen, K.N., Andersen, C.M., Martens, H., (2002). Freshness assessment of thawed and chilled cod fillets packed in modified atmosphere using near-infrared spectroscopy. *LWT - Food Sci. Technol.* 35(7), 628–634.

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

Dalgaard, P., Gram, L. Huss, H.H. (1993). Spoilage and shelf-life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. *Int J. Food microbiology*, 19, 283-294.

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

Erikson, U., Beyer, A. R., Sigholt, T. (1997). Muscle high-energy phosphates and stress affect K-values during ice storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science*, 62(1), 43-47

Erikson, U., Kjørsvik, E., Bardal, T., Digre, H., Schei, M., Søreide, T.S., Aursand, I.G. (2016). Quality of Atlantic cod frozen in Cell Alive System, air-blast, and cold storage freezers. *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 25: 1001-1020.

Erikson, U., Tveit, G. M., Bondø, M., & Digre, H. (2019). On-board live storage of atlantic cod (*Gadus morhua*): effects of capture stress, recovery, delayed processing, and frozen storage on fillet color characteristics. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(10), 1076-1091.

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

Fagan, J.D., Gormley, T.R, 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. *Lebensm-Wiss U-Technol LWT* 36: 647-655.

Fagan, J.D., Gormley, T.R., 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.

Foegeding, E.A., Lanier, T.C. & Hultin, H.O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. In: Food Chemistry (edited by O.R. Fennema). PP 879–942. New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker, Inc

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

Gram, L. & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria - Problems and solutions. Curr. Opin. Biotechnol. 13(3): 262–266.

Gram, L. & Huss, H.H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. Int. J. Food Microbiol. 33(1): 121–137.

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

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

Hedges, N. (2002). Maintaining the quality of frozen fish. In: *Safety and quality issues in fish processing*, (H.A. Bremner, Ed.), CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, pp.379 - 406.

Hong, H., Regenstein, J. M., Luo, Y. (2017). The importance of ATP-related compounds for the freshness and flavor of post-mortem fish and shellfish muscle: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(9), 1787-1798

Hyldig, G., Nielsen, D. (2007). A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. Journal of texture studies, 32: 219 – 242

Hultmann, L., Rustad, T. (2002) Textural Changes During Iced Storage of Salmon (*Salmosalar*) and Cod (*Gadusmorhua*), Journal of Aquatic Food Product Technology, 11(3-4): 105-123

Huss, H. H. (1995). FAO Fisheries technical paper 348. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1995. Quality and quality changes in fresh fish.

IIR, 1986. Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods, 3rd ed. IIF-IIR, Paris, France, 418 p.

Jensen, L.H.S., Nielsen, J., Jørgensen, B.M., Frosch, S., (2010). Cod and rainbow trout as freeze-chilled meal elements. J. Sci. Food Agric. 90(3), 376–384.

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.

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.). Aquac. Res. 38(16): 1721–1731

Hurling, R., McArthur, H. (1996). Thawing, refreezing and frozen storage effects on muscle functionality and sensory attributes of frozen cod (*Gadus morhua*). J. Food Sci. 61:1289-1296

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

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

Mackie, I.M., (1993). The effects of freezing on flesh proteins. *Food Rev. Int.* 9(4), 575–610.

Magnússon, H., Martinsdóttir, E., 1995. Storage Quality of Fresh and Frozen-thawed Fish in Ice. *Journal of Food Science* 60(2), 273–278.

Martinsdóttir, E., Magnússon, H. (2001). Keeping quality of sea-frozen thawed cod fillets on ice. *J. Food Sci.* 66: 1402- 1408.

Mariotti, F., Tomé, D., Mirand, P.P. (2008). Converting nitrogen into protein—beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48 (2): 177-184.

Mørkøre, T., Ytrestøyl, T., Ruyter, B., Torstensen, B.E., Thomassen, M.S. (2014). Kvalitetsaspekter hos laks som matvare ved endret fettsyresammensetning. Nofimarapport 19/2014.

<https://nofima.no/publikasjon/1126647/>

Nielsen, N.A., Sørensen, E., Grunert, K.G. (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, B.H. (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>

Reid, D.S. (1983). Fundamental physicochemical aspects of freezing. *Food Technol.*, April 1983: 110-115

Roiha, I.S., Tveit, G.M., Backi, C.J., Jónsson, Á., Karlsdóttir, M., Lunestad, B.T. (2018). Effects of controlled thawing media temperatures on quality and safety of pre-rigor frozen Atlantic cod (*Gadus morhua*). *LWT – Food Sci. Technol.* 90: 138-144.

Roiha, I.S, Jónsson, A., Backi, C.J, Lunestad, B.T., Karlsdottir, M.G. (2018) A comparative study of quality and safety of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted fish. *J. Sci Food Agric.* 98: 400-409.

Standal, I. B., Gribbestad, I. S., Bathen, T. F., Aursand, M. Martinez, I (2006). Low molecular weight metabolites in white muscle from cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) analyzed by high resolution 1H NMR spectroscopy. In: *Magnetic Resonance in Food Science, From molecules to man*. I. A. Farhat, P. S. Belton, Webb, G. A (Eds).

Standal, I.B., Mozuraityte, R., Rustad, T., Alinasabhematabadi, L, Carlsson, N-G., Undeland, I. (2018). Quality of filleted Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*) during chilled and frozen storage: changes in lipids, vitamin D, proteins, and small metabolites, including biogenic amines. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27

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

Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L.G., Lima, V., Amaral, R.A., Pinto, C.A., Silva, A.M., Saraiva, J.A. (2021). Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods*, 10, 780

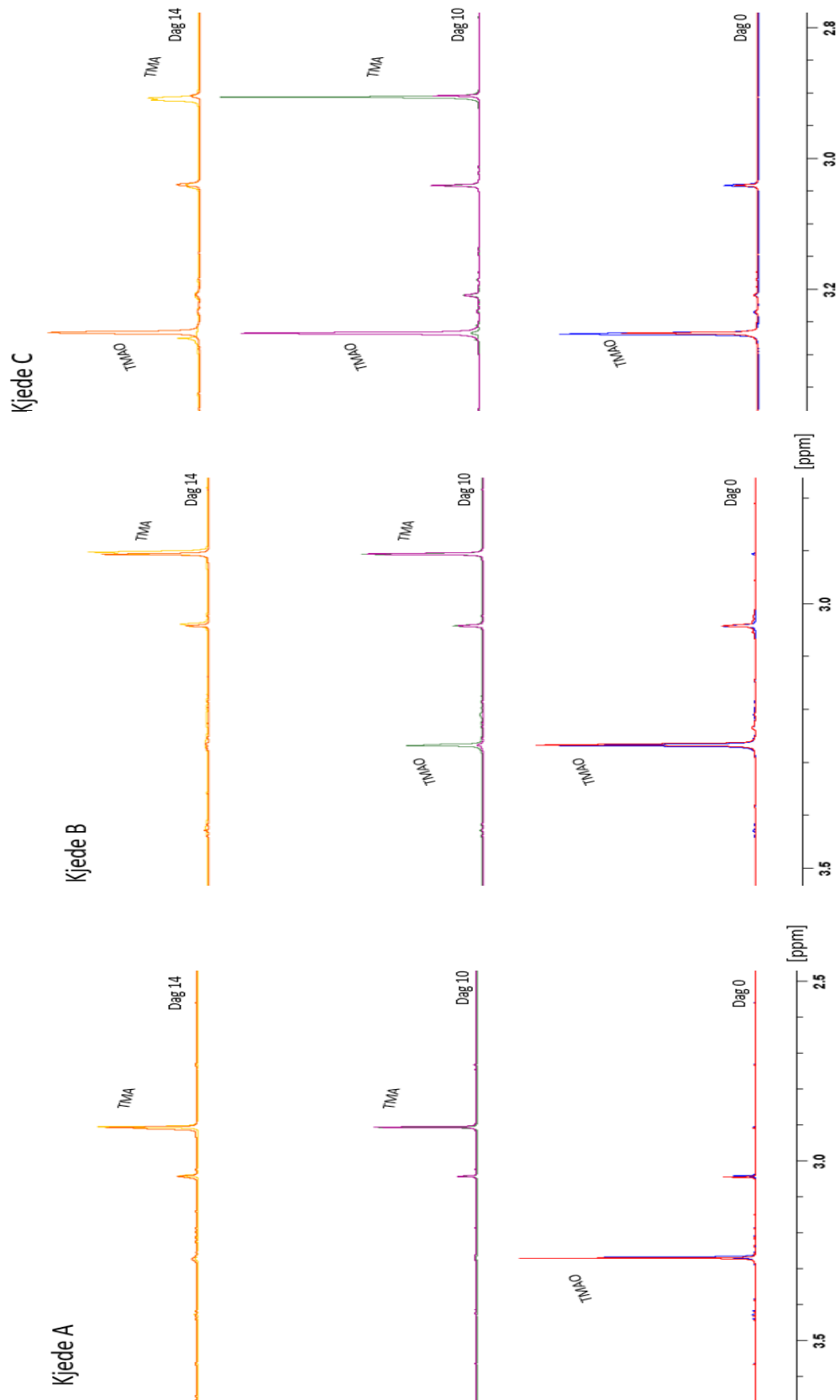
Uglem, S., Svendsen, E.S., Widell, K.N., Nordtvedt, T.S., Tveit, G.M., Schei, M.S. (2022). Holdbart – Refresh-kjeder for laks. SINTEF-rapport nr 2022: 01135

Vyncke, W. (1983). Shelf life of thawed cod fillets kept in ice. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 177:19-21.

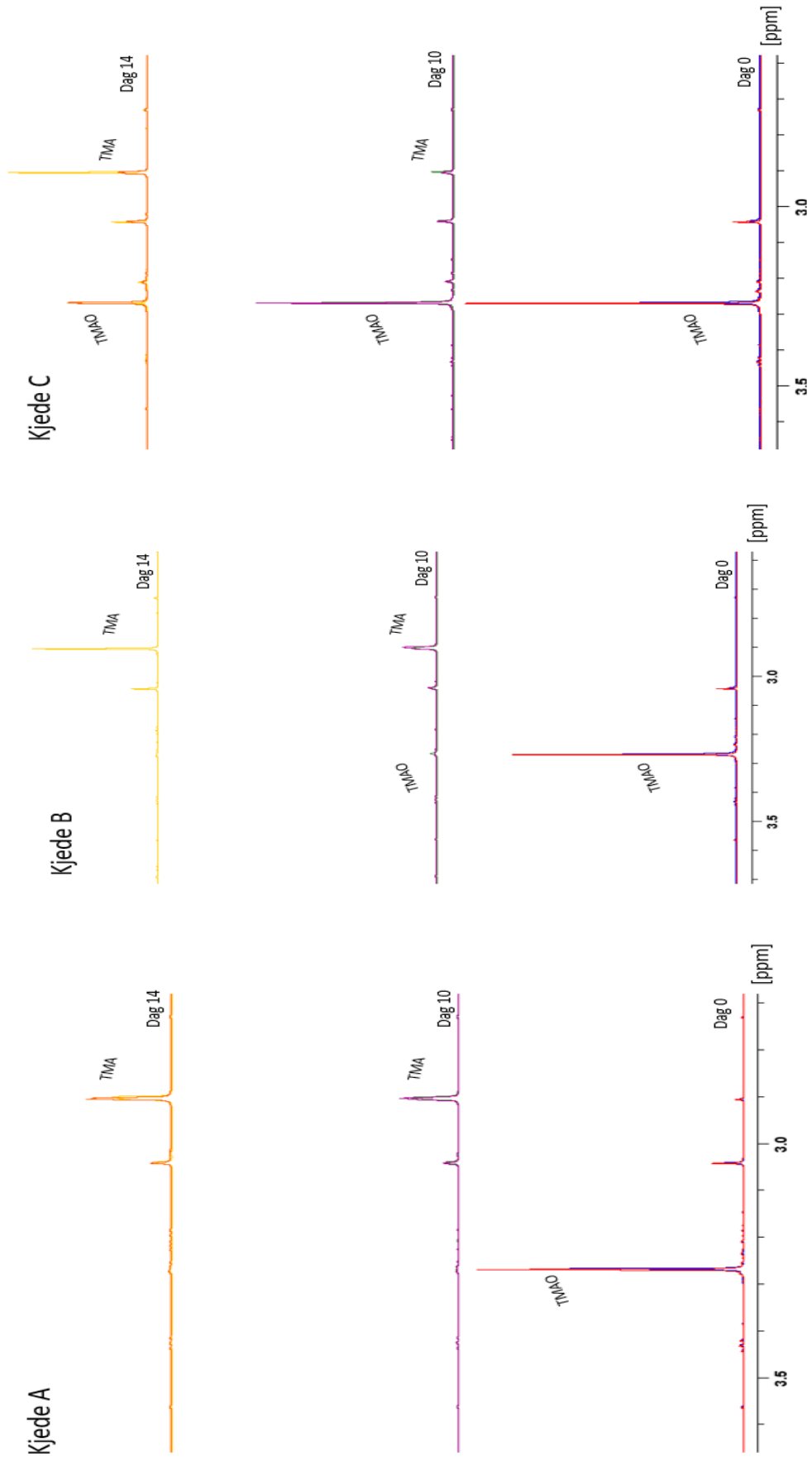
Wang PA (2011). Post mortem proteolytic degradation of myosin heavy chain in skeletal muscle of Atlantic cod. PhD thesis, UiT.

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.

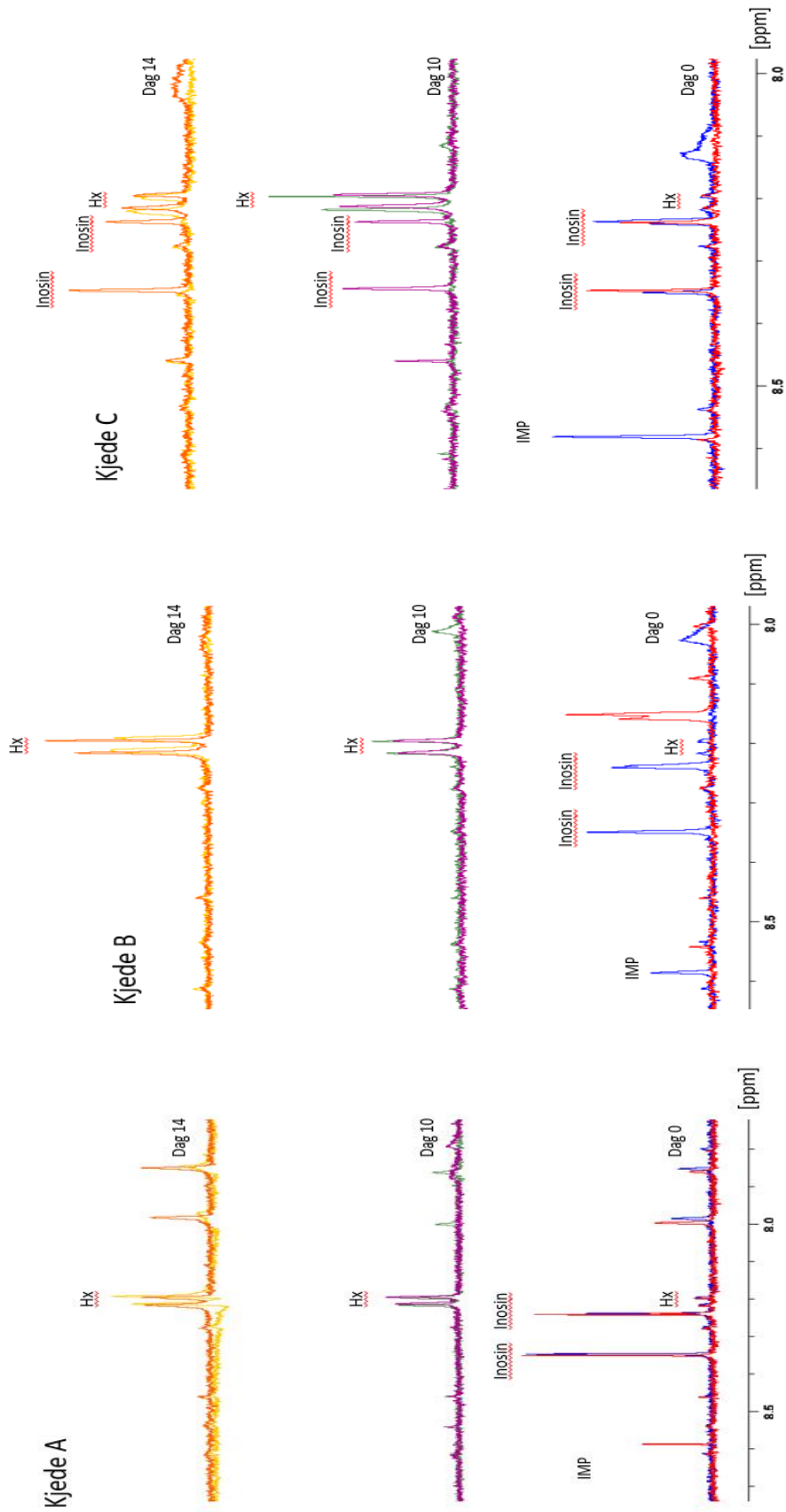
A VEDLEGG



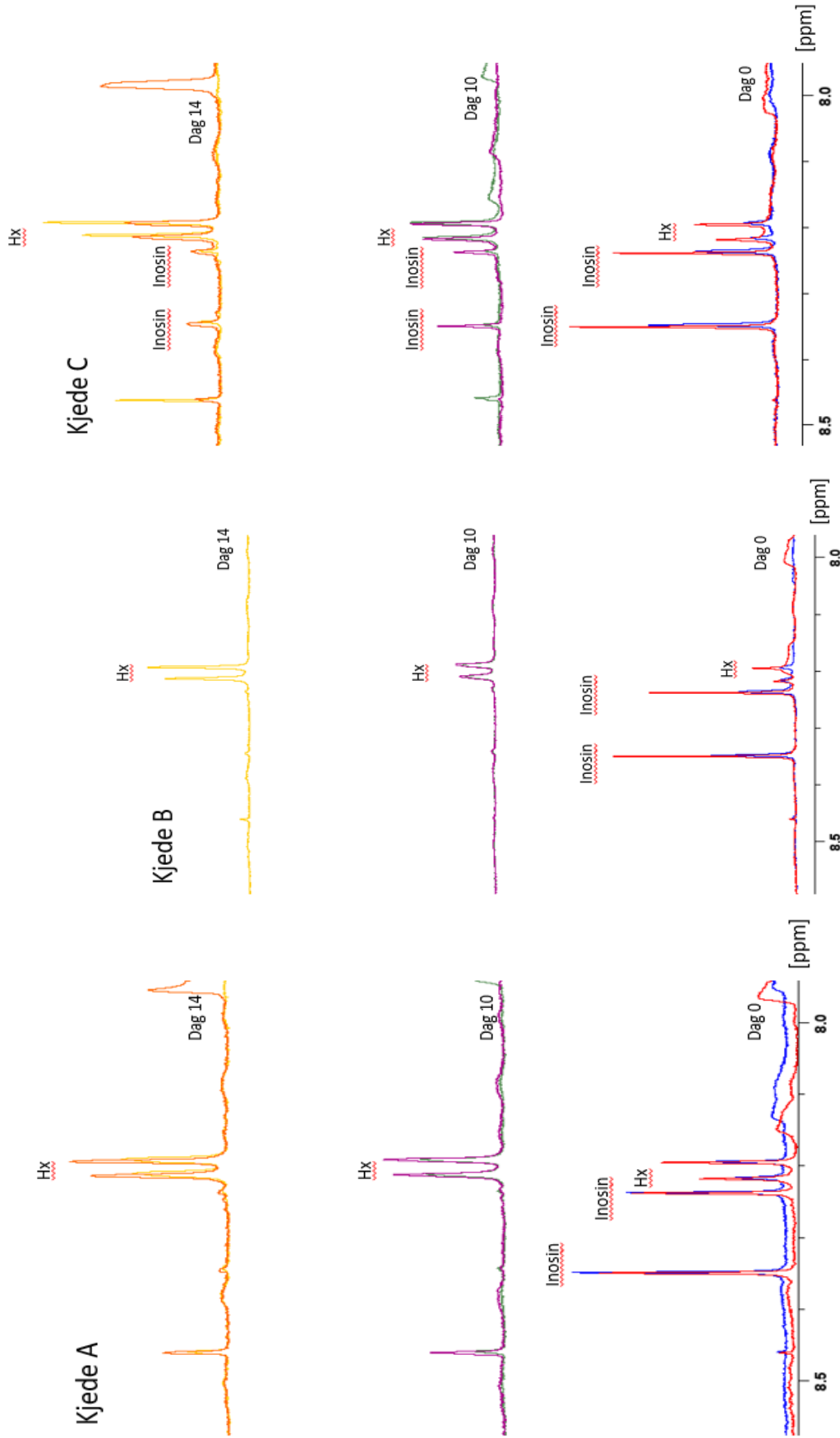
Figur 11. Utdrag (2.8-3.6 ppm) fra NMR spekter av muskelelekstrakt som viser utviklingen av TMAO til TMA fra dag 0, dag 10 og dag 14 i kjede A, B og C. Spektre fra to ekstrakter er vist for hver dag.



Figur 12. Figur 1: Utdrag (2.8-3.6 ppm) fra NMR spekter av tinevann som viser utviklingen av TMAO til TMA fra dag 0, dag 10 og dag 14 fra kjede A, B og C. Spektre fra to tinevannsprøver er vist for hver dag.



Figur 13. Utdrag (8.0-8.6 ppm) fra NMR spekter av muskелеkstrakt som viser endringer i nukleotid-forbindelser fra dag 0, til dag 10 og dag 14 i kjede A, B og C. Spektre fra to ekstrakter er vist for hver dag.



Figur 14. Utdrag (8.0-8.6 ppm) fra NMR spekter av tinevann som viser endringer i nukleotid-forbindelser fra dag 0, til dag 10 og dag 14 i kjede A, B og C. Spektre fra to tinevannsprøver er vist for hver dag.