

RAPPORT NR. MA 20-08 | Wenche E. Larssen Turid S. Fylling, Audny Hellebø, Ingebrigt Bjørkevoll
og Trygg Barnung

PELAGISK LØFT - OKSIDASJON I FRYSELAGRET FILET PRODUSERT FRA LAKEFRYST MAKRELL

TITTEL	Pelagisk løft - Oksidasjon i fryselaagret filet produsert fra lakefryst Makrell
FORFATTERE	Wenche E. Larssen Turid S. Fylling, Audny Hellebø, Ingebrigt Bjørkevoll og Trygg Barnung
PROSJEKTLEDER	Wenche Emblem Larssen
RAPPORT NR.	MA 20-08
SIDER	33
PROSJEKTNUMMER	54879
PROSJEKTITTEL	Kartlegging av oksidasjon i makrellfilet fra lakefryst råstoff under fryselaagring.
OPPDRAAGSGIVER	Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfinansiering (FHF)
ANSVARLIG UTGIVER	Møreforsking
ISSN	0804-5380
DISTRIBUSJON	Åpen
NØKKEWORD	Makrell, oksidasjon, sensorikk, kvalitet, filet, fryselaagring

Sammendrag

Pelagisk industri ønsker å øke foredlingsgraden ved å fryselaagre rund makrell i fangstsesongen for deretter å tine og videreforedle makrellen gjennom resten av året. Tunellinnfrysing av makrell i kartong gir både en lang innfrysing, lang tinetid og fisk med ugunstig form etter tining. Dette vanskeliggjør effektiv filetering og utbyttet går ned. Lakefrysing av makrell gir en rask innfrysing og singelfryst fisk med rett og fin form. Det er derimot knyttet usikkerhet i om saltlaken som fisken fryses inn i påvirker oksidasjon under fryselaagring. Hovedfokus i prosjektet har derfor vært å undersøke hvordan oksidasjonsutviklingen i makrellfilet produsert av lakefryst råstoff påvirkes av lagringstid og sammenlignet mot tunellfryst råstoff.

Holdbarheten har blitt evaluert mht. kjemiske og sensoriske kvalitetsparameter. Resultatene viser at lakefryst råstoff har like god eller bedre holdbarhet under fryselaagring sammenlignet med tunellfryst råstoff. Kjemiske harskningsparameter som TBARS, peroksydtall og frie fettsyrer er etter 24 mnd. fryselaagring like god eller bedre sammenlignet med filet fra tunellfryst råstoff. Mht. sensorisk kvalitet ble filet av lakefryst råstoff vurdert som like god som tunellfryst og selv etter 24 mnd. på fryselaager ble kvaliteten fremdeles vurdert som godkjent selv om den har falt i løpet av lagringsperioden.

Summary

The pelagic industry want to increase their degree of processing by freezing round mackerel during the catch season and later thaw the fish for fileting. Traditional freezing of the mackerel is batch-freezing in 20 kg cartons using blast freezer. This gives a both a longer freezing, longer thawing time and fish with unfavorable bowed shape after thawing. The bowed shape reduces the yield during filleting. Brine-freezing gives a quick freeze and single frozen fish with straight shape. On the other hand, there is uncertainty if the brine in which the fish is frozen affects oxidation during freezing. The focus in this project has therefore been to examine the development of oxidation in mackerel filet produced by brine frozen raw material and compare this to traditional blast frozen raw material.

The oxidation development has been monitored by chemical and sensory quality parameters. The results show that fish frozen in brine has equal or better shelf life, measured in peroxid, TBARS and free fatty acids, 24 months after filleting. Both fillets produced for raw material frozen in brine and traditional was still considered suitable for consumption after 24 months of frozen storage.

© FORFATTER/MØREFORSKING

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller framstille eksemplær til privat bruk. Uten særlig avtale med forfatter/Møreforskning er all annen eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt så langt det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

FORORD

Prosjektet «Oksidasjon i makrellfilet under fryselagring produsert av lakefrost råstoff» er et prosjekt i regi av Pelagisk løft som har som målsetting å øke bearbeiding av makrell i Norge. Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og Havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) med Kristian Prytz og Lars R. Lovund som engasjerte og kunnskapsrike fagkoordinatorer. Takk for gode innspill.

Prosjektet har hatt en styringsgruppe bestående av Gunnar Domstein, Jørgen Seliussen og Alexander Krokedal Rønnevik (Pelagia AS), Kjetil Peder Sperre (Brødrene Sperre AS), Ole Andre Nilsen og Marianne Berøy (Grøntvedt Pelagic AS), Tommy Torvanger (Nergård AS) og Stein Ove Østvik (UKAP AS). Styringsgruppen har vært engasjert og bistått med gode innspill og anbefalinger i løpet av prosjektperioden. Takk til alle!

Innfrysing av råstoff i lake har vært gjennomført med god bistand fra MMC Kulde (First Prosess). Takk til Petter Kåre Grytten for god hjelp. Produksjon og lagring av makrellfileten har blitt gjennomført hos Pelagia AS på Selje. Takk til Asbjørn Bøstrand og alle hans kollegaer for god tilrettelegging og hjelp under gjennomføringen av arbeidet.

Ålesund 30.06.20



Wenche Emblem Larssen

Prosjektleder

INNHold

1. Innledning.....	8
1.1 Mål.....	9
2. Material og metode.....	10
2.1 Råstoff og produksjon.....	10
2.2 Kjemiske analyser av oksidasjonsutvikling	12
2.3. Sensorisk vurdering av råstoff	13
2.3.1 Utseende filet	13
2.3.2 Tekstur.....	13
2.3.3 Fargeanalyse og måling av spalting.....	13
2.3.4 Elastisitet	15
2.4 Sensorisk kvalitet på varmebehandlet råstoff	16
2.5 Statistisk analyse.....	17
3. Resultat	18
3.1 Kjemiske analyser av oksidasjonsparametere	18
3.1.1 TBARS	18
3.1.2 Peroksid tall.....	19
3.1.3 Frie fettsyrer.....	20
3.1.4 pH	21
3.2 Sensorisk vurdering av råstoff	22
3.2.1 Utseende filet.....	23
3.2.2 Tekstur.....	24
3.2.3 Farge.....	25
3.2.4 Spalting.....	26
3.2.5 Elastisitet	27
3.3 Sensorisk kvalitet på varmebehandlet filet.....	27
4. Diskusjon	29
5. Konklusjon.....	31
6. Referanser	32

1. INNLEDNING

Pelagisk industri ønsker muligheten for å øke bearbeidingen gjennom store deler av året basert på råstoff som fangstes i en avgrenset sesong. Bare 2-4 % av landet makrell foredles til fileten i Norge. Resten av de 350 000 tonnene eksporteres ut av landet rundfrosset. FHF har sammen med næringen og det øvrige virkemiddelapparatet sett betydningen og viktigheten av å øke foredlingsgraden av makrell landet i Norge. Den store satsingen på området er kommet i gang og fått navnet «Pelagisk løft – økt bearbeiding av makrell». Bakgrunnen for prosjektet er at pelagisk næring ønsker økt fokus på bærekraft i produksjon av makrellfilet i Norge. Gjennom «Pelagisk løft» har norsk pelagisk næring et overordnet mål om å filetere minimum 25 % av landet makrell innen 2025. For å oppnå dette, må makrellråstoff fryses inn i fangsts sesongen, og deretter tines og videreforedles gjennom resten av året.

Tradisjonelt blir rund makrell emballert og luftfrysning i frysetunnel. Dette gir en innfrysningstid på opptil 24 timer. I tillegg medfører dagens metode for pakking og innfrysning i 20 kg kasser at fisken mister sin naturlige form og blir bøyd. For en optimal filetproduksjon er det ønskelig at fisken beholder mest mulig sin opprinnelige form.

Havyard MMC har utviklet en ny lakefrysningsteknologi for makrell som er under uttesting hos Pelagia. Denne metoden er basert på hurtig innfrysning i underkjølt lake til en kjernetemperatur på $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ og medfører at fisken fryses inn i sin opprinnelige form.

Lakefrysning har derimot en del utfordringer. Tidligere ble denne metoden benyttet før industriell frysning av fisk først startet. Den gangen ble is blandet med saltlake benyttet som kuldemedium. Lakefrysningen av sild tidlig i forrige århundre viste seg å gi betydelig harskning i etterfølgende lagring (Fiskeridirektoratet 1954, Finstad 2011). Nyere forsøk med lakefrysning av makrell viser også økt harskning i forhold til luftfrost makrell ved frysing (Aubourg og Gallardo 2005). Årsak kan være en effekt av saltet under innfrysning. Effekten salt har på fiskemuskel avhenger av saltkonsentrasjonen og løselighetseffekten den har på myofibrillproteinene i muskelfibrene. Ved forsalting gjennom injisering av lake eller ilegging i lake, sveller fiskemuskel avhengig av lakestyrken. Ved tørrsalting vil muskel krympe. Ved svelling av fiskemuskel skjer det en frastøting mellom muskelfilamentene som fører til muskelsvelling og høyere vannbindingsevne i fiskemuskel (Hellevik 2014). Salt inneholder også små mengder av mineraler og metaller. Metaller som jern og kopper er svært potente for katalysering av oksidasjonsprosessen av umettede fettsyrer (Lauritzen 2004). Dersom lakefrysningen fører til svelling av muskelfiber kan det være sannsynlig at disse metallene får lettere tilgang på fettsyrer og dermed får en høyere oksideringshastighet.

Salt som benyttet i matproduksjon har svært lave innhold av disse metallene, grensene er maks 10 mg jern/kg salt og 0,1 mg kopper/kg salt (Forskrift for fisk og fiskevarer 2013). Når disse igjen fortynnes i en lake er det vanskelig å tenke seg at disse er hovedårsaken til økt harskning i disse prosessene. Dette viser også resultater fra forlaking av sild før marinering der verdier av TBARS-målinger ikke har korrelasjon mellom mengde salt i for-laken eller temperatur under lagring (Kritinova m. fl. 2016).

Saltet alene er nok ikke årsaken til forhøyet TBARS i lakekjølt makrell. På bakgrunn av at makrell har høyt innhold av polyumettede fettsyrer og at fiskemuskelen inneholder både heme og ikke-hem jern som katalyserer oksidasjon, er faren stor for at oksidasjon skjer. Dersom det er mye blod og blodrester i og rundt fiskemuskelen vil dette også initiere oksidasjon da jern er i kompleks med myoglobin og hemoglobin (Laurtzensen 2004). Enzymet lipoxygenase oksiderer også fettsyrer og dette enzymet finner en spesielt i gjeller og skinn på fisk (Laurtzensen 2004).

Det er derfor viktig å kartlegge kvaliteten til makrellråstoffet som ble prosessert med lakefrysningsteknologi samliknet med tradisjonell infrysning. På grunn av mye raskere infrysning med lakefrysningsteknologien håper man at tint produkt skal ha tilnærmede egenskaper som ferskt produkt.

1.1 MÅL

Prosjektets målsetting er å undersøke oksidasjonsutviklingen til frosset filet produsert av lakefryst rund makrell.

Delmål

- Dokumentasjon av kjemisk og sensorisk kvalitet på japankuttet filet produsert av lakefryst rund makrell i løpet av 24 måneders fryselagring.
- Sammenligne oksidasjonsforløp i filet fra lakefryst rund makrell med filet fra luftfryst rund makrell.

2. MATERIAL OG METODE

2.1 RÅSTOFF OG PRODUKSJON

Råstoff til produksjon av lakefrosset rund makrell ble levert av fartøyet Parcelli 01.02.2018 - kode Pelagia – 241577. Kvaliteten på 10 makrell ble bedømt og vurdert som meget god i henhold til intern kvalitetsskala. Det var ikke åte i de undersøkte makrellene. Gjennomsnittsverken på makrellene var 396 gram. Temperaturen på makrellen som skulle innfrysas i lakefryseren var i snitt 0,8°C før den ble tømt i bryekaret for innmatning i lakefryseren. Sjøvannet i bryekaret hadde temperatur på 6,3°C. Bryekaret ble fylt med fisk flere ganger under innfrysingsprosessen. Temperaturen i makrellen som lå i bryekaret steg til mellom 2,3°C og 4,2°C. Temperaturøkningen var avhengig av hvor lenge makrellen ble liggende i bryekaret.

I mai 2018 (tre måneder etter innfrysning) ble rund lakefrost makrell og tradisjonelt frost makrell tint og filetert på Pelagia sin pilotlinje på Selje.

Tiningen ble gjennomført ved å tilsette sjøvann til 700 l kar med 250 makrell. Temperaturen i den runde makrellen steg raskt og var rundt -3,0°C etter 1 times tining. Mettet saltlake med temperatur på -16,2°C ble brukt til å justere temperaturen i blandingen sjøvann/saltlake til -3,0/-3,5 °C. Den runde makrellen ble oppbevart ved denne temperaturen frem til filetering. Blandingens sjøvann/saltlake hadde 14,5g/l salt for tradisjonelt frost makrell og 11,9 g/l for lakefrost makrell.

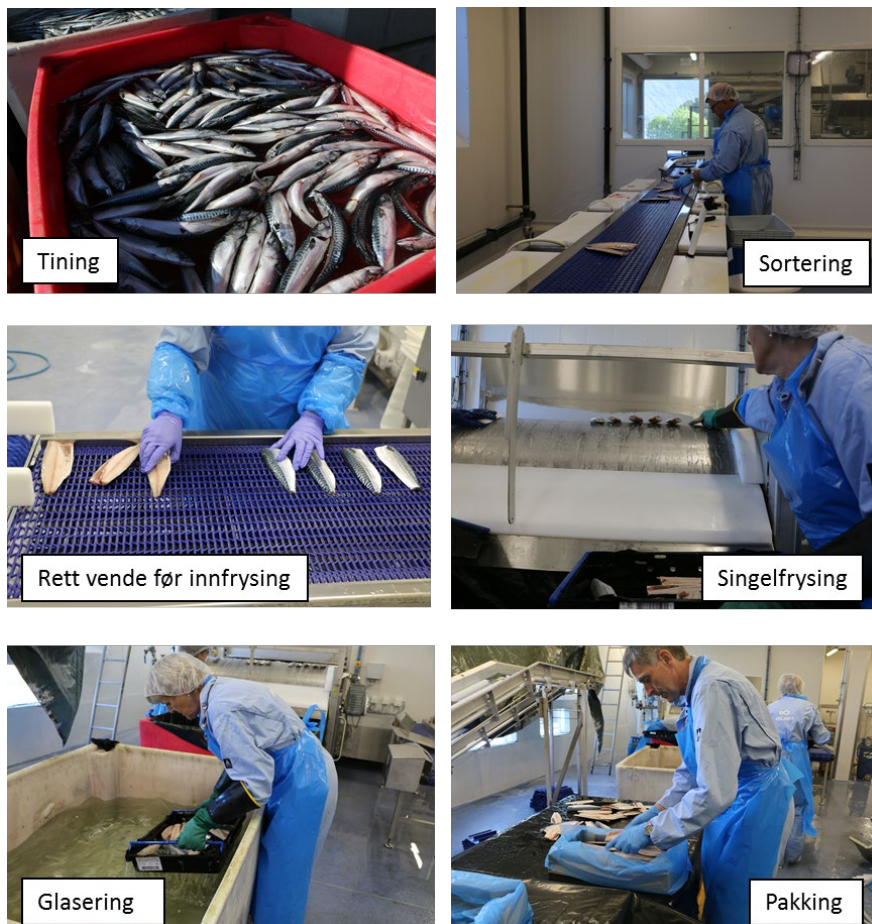
Rund makrell tint med temperatur fra -3,0 til -2,5°C ble plassert på is for videre tining før kvalitetsvurderingen. Rund makrell med temperatur fra -3,0 til -2,5°C ble filetert med japankutt på en Toyo-filetmaskin. Filetene ble rensset og skylt for blod og innvollsrester før innfrysing, glassering og pakking (tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over produksjonsmetode, oppbevaring og uttak for analyse av de ulike forsøksseriene.

	Råstoff	Glasering	Emballering	Lagringstid
Lakefrost	Filet produsert av 3 mnd lakefrost rund makrell	x	Kartong med plastsvøp	24 mnd med uttak hver 3 mnd.
Tunellfrost	Filet produsert av 3 mnd tunellfrost rund makrell	x	Kartong med plastsvøp	24 mnd med uttak hver 3 mnd.

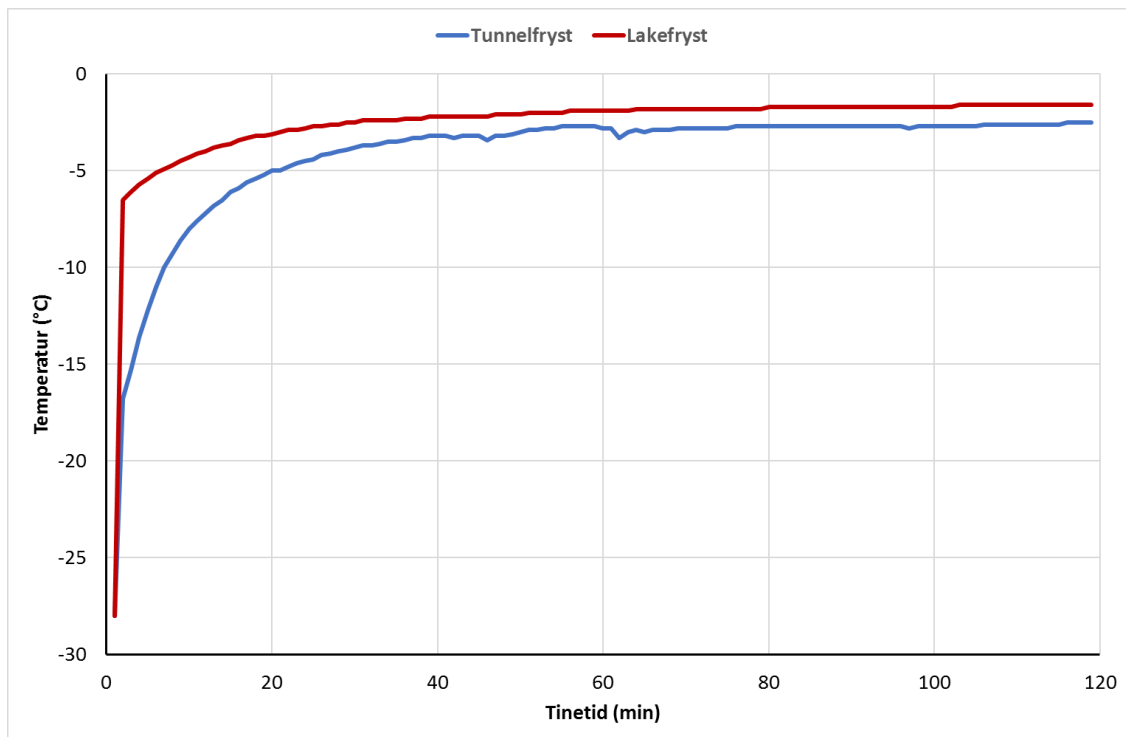
Etter filetering ble filetene grovsortert og snudd med muskelsiden ned før den ble singelfrosset, glasert og pakket. Glasering ble gjennomført i en blanding av ferskvann og is som ble temperaturutjevnet over natten på kjølerom til en temperatur på mellom 0 til 0,3 °C. Før glasering ble alle ispartikler fjernet.

12 til 15 fileter ble plassert i bakker med nettingbunn med muskelsiden opp før de ble dyppet 15 sekunder i glaseringsvannet. Etter glasering ble 45 fileter for serie 1 og 3 pakket i 10 kg kartong med plastsvøp før plassering på fryser (figur 1).



Figur 1. Produksjonsprosess av prøvematerialet fra fryst rund makrell til fryst filet.

Temperaturforløpet under tining av rund makrell før filetering viser at det tok ca. 50 minutter fra innfrosst vare med en kjernetemperatur på rundt -26°C til fisken var klar til filetering ved - 1,7 til 2,7°C (figur 2.).



Figur 2. Temperaturutvikling under tining av rund makrell for prosessering av fileten.

2.2 KJEMISKE ANALYSER AV OKSIDASJONSUTVIKLING

Holdbarhetsundersøkelsene ble gjennomført på fileten fra både lakefryst og tunellfryst råstoff. Makrellfileten ble lagret ved -30 °C hos Pelagia Selje og sendt som frysevarer til Møreforskning før hvert uttak. Det ble tatt ut fileten hver 3. måned i henhold til tabell 2. Makrellen ble tint over natten i kjøleskap ved 4 °C før det ble gjennomført kjemiske analyser og sensoriske vurderinger. I hver serie ble totalt 20 fileter fordelt på fem samleprøver ved å homogenisere fire og fire fileter sammen. To replikanter av hver prøve ble analysert.

Tabell 2. Oversikt over uttaksmåneder og lagringstid fra fangst (mnd.) for de to seriene.

Produkt	02/18	05/18	08/18	11/18	2/19	5/19	8/19	11/19	2/20	5/20
Fersk makrell	Råstoff fryst inn									
Filet av lakefryst råstoff		0 mnd.	3 mnd.	6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.	15 mnd.	18 mnd.	21 mnd.	24 mnd.
Filet av tunellfryst råstoff		0 mnd.	3 mnd.	6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.	15 mnd.	18 mnd.	21 mnd.	24 mnd.

Fett-, vann-, aske- og saltinnhold ble analysert. Vanninnholdet og askeinnholdet ble bestemt etter NMKL Metode nr. 23. Ca. 5 g homogenisert prøvemateriale ble tørket i varmeskap ved 105 °C i 16-18 timer til konstant vekt. Vanninnholdet ble beregnet som gjennomsnitt fra tre paralleller. Tørkede prøver fra vanninnhold ble brent til aske i muffelovn ved 550 °C i fem timer. Gjennomsnittet ble beregnet fra tre paralleller.

Fettprosent på råstoff ble analysert i henhold til NS 9402 med 30 % isopropanol i etylacetat som løsningsmiddel [1]. Peroksid tall ble bestemt i henhold til Crowe and White [2]. TBARS-verdien ble bestemt ifølge Dulavik, Sorensen [3]. Innholdet av frie fettsyrer ble bestemt i henhold til Bernárdez, Pastoriza [4]. pH ble målt direkte i oppmalt homogenisert makrellprøve.

2.3. SENSORISK VURDERING AV RÅSTOFF

60 runde makreller fra hver innfrysingsmetode ble kvalitetesbedømt på farge, skader på skinn, øyne, slim og lukt på gjellene og fiskens form. De sensoriske vurderingene ble bedømt av 5-6 eksperter fra Møreforskning, UKAP og Pelagia. Hvert kriterium ble bedømt med kvalitetspoeng, hvorav høyest poeng tilsvarer høyest kvalitet. Kravet for at vurderingene ble inkludert i analysen var et standardavvik mindre enn 1 mellom dommerne.

2.3.1 UTSEENDE FILET

40 fileter ble kvalitetesvurdert i henhold til normal skjæring, skader på skinn, farge (blodflekker) og tekstur i muskeloverflaten, intakt svarthinne, spalting, elastisitet og trykkmotstand. Elastisitet og trykkmotstand ble vurdert av kun en person på grunn av at testene kan gi forandringer i fileten.

2.3.2 TEKSTUR

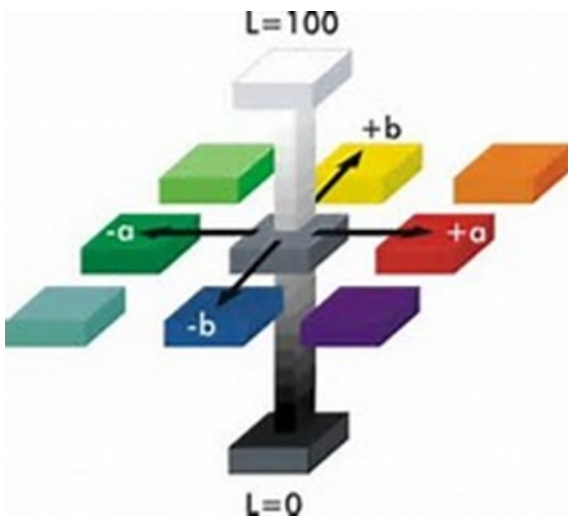
Teksturmålingene på 20 fileter ble utført ved hjelp av en TA-XT+ teksturmålermaskin (Stable Micro Systems, Surrey, Storbritannia). Målingene ble tatt øverst på tykkfiskdelen av fileten ved at stampelet ble trykket 30 % ned i fileten. Kraften som ble brukt for å gjennomføre dette ble registrert og presentert grafisk. Totalt 20 fileter fra hver produktserie ble analysert.

2.3.3 FARGEANALYSE OG MÅLING AV SPALTING

Overflatefargen til 20 makrellfileter ble analysert ved hjelp av datastyrt bildeteknikk "computer vision system" (CVS) beskrevet av Girolami, Napolitano [5]. Et digitalt kamera (Canon ESO 1300 D) og en 34 mm linse (Canon 34 mm f/5,6) ble montert i en sort boks der alt naturlig lys var fjernet. Boksen ble lyssatt av 2 lysrør med en fargetemperatur på 6500 K (D_{65} , standard lyskilde brukt i matforskning), plassert med en vinkel på 45° til fileten for å oppnå uniform lyssetting. Før hvert uttak ble det tatt bilde av fargepalletten ColorChecker Passport 1.1.1 (X-Rite Inc.) Denne ble benyttet for å lage fargeprofil for hvert uttak. Fargeprofilen ble importert til Adobe Photoshop Lightroom CC (Adobe) der alle bildene fra ett uttak ble kalibrert mot denne. Fargen ble analysert kvantitativt ved bruk av Photoshop (Photoshop CC 2015, Adobe Systems Inc.) og

uttrykt i CIE L^* (hvithet eller klarhet), a^* (rød/grønn) og b^* (gul/blå) koordinater som beskrevet av Yam and Papadakis [6]. Tjue fileter fra hver serie ble fotografert og analysert. Gjennomsnittlig fargeverdier av pixlene ble brukt til å kalkulere den totale fargeforskjellen (ΔE) hvor L^*_0 , a^*_0 og b^*_0 er fargekoordinater til filetene. Figur 3 viser organisering av Lab-verdier.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2}$$



Figur 3. CIE Lab-farge system (www.briarpress.org).

På hvert enkelt bilde ble det markert hvilket område som skulle fargeanalyseres. Spordelen og buken med svarthinnen var ikke med i analysen (figur 4).

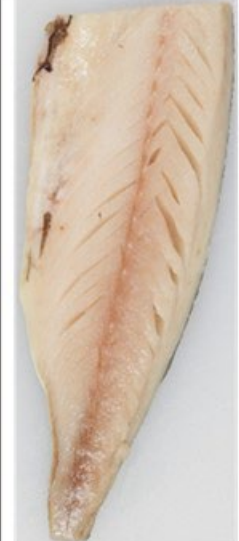


Figur 4. Område for fargeanalyse av makrellfilet markert med stiplet linje.

Makrellfiletene ble også vurdert i forhold til antall spalter og gaping. Hver filet ble vurdert i henholdt til antall spalter og hvorvidt det var gaping i fileten før fileten ble gradert på en skala

fra 1-5. Skala for evaluering av spalting er vist i tabell 3. Flere spalter gir høyere gradering. Høyeste verdi (5) fordrer både spalter og gaping.

Tabell 3. Skala for evaluering av spalting i makrellfilet.

Gradering 1	Gradering 2	Gradering 3	Gradering 4	Gradering 5
Ingen spalter i fileten	Færre enn 5 spalter i fileten	Færre enn 10 spalter i fileten	Over 10 spalter i fileten	Over 10 spalter og gaping
				

2.3.4 ELASTISITET

Elastisitet ble vurdert basert på kriteriene satt i tabell 4. Fileten brettes dobbel og slippes (figur 5). Gradering fra 1-5 er basert på hvor raskt fileten retter seg ut igjen. Høyeste verdi (5) har best elastisitet.

Tabell 4. Evaluering av elastisitet etter en 5 punkt skala fra 1-5.

Retter seg ut igjen raskt	5
Retter seg ut	4
Retter seg ut langsomt	3
Prøver å rette seg ut	2
Blir liggende sammenbrettet	1



Figur 5. Bretting av filet for å undersøke elastisitet i muskel.

2.4 SENSORISK KVALITET PÅ VARMEBEHANDLET RÅSTOFF

Sensorisk kvalitetsbestemmelse ble utført på varmebehandlet filet fra de to seriene (tabell 1). Ved nulluttaket for filet ble biter av makrellfilet varmebehandlet i mikrobølgeovn (1 min 800w) og forskjellen i utseende, smak og tekstur ble vurdert med en trekanttest. Testen ble gjort i to runder og det var til sammen seks dommere fra Møreforskning, UKAP og Pelagia.

For lagringsforsøket vurderte et panel på åtte personer (figur 6) lukt, farge, konsistens og smak på filetene ved hjelp av kvalitetskontrolltest [7]. Prøvene ble evaluert ut ifra en skala fra 1-5 der 5 = referanse og scor under 2 er uegnet til konsum. Alle prøver ble testet i duplikat. For å sikre mest mulig like prøver til panelet, ble de servert en bit med makrellfilet på ca. 30 gram tatt fra den midtre delen av makrellfileten. Totalt ble to slike biter med skinn skjært ut fra hver filet (figur 7). Filetbitene ble varmebehandlet i dampovn på 200 °C i 4 minutter. Fisken i de to fryselagrede seriene ble vurdert opp mot en referanse. Referansen var makrellfilet fryst inn og lagret ved -80 °C. Fryselagringstiden var maksimalt 6 mnd før ny fersk referanse ble hentet inn. Næringsinnhold i referansene skille seg litt i fra de fryselagrede prøvene og kan ha påvirket resultatet noe.



Figur 6. Sensorisk kvalitetsbedømmelse av varmebehandlet råstoff.



Figur 7. Uttak av filetbiter til sensorisk analyse. 2 biter ble tatt ut fra hver filet.

2.5 STATISTISK ANALYSE

Forskjeller mellom frysemetodene er undersøkt ved bruk av t-test etter Bonferroni-Dunn eller to-veis Anova med Bonferroni. Analysene er utført i GraphPad Prism (8.4.3) der signifikansnivået er satt til 0,05.

3. RESULTAT

3.1 KJEMISKE ANALYSER AV OKSIDASJONSPARAMETERE

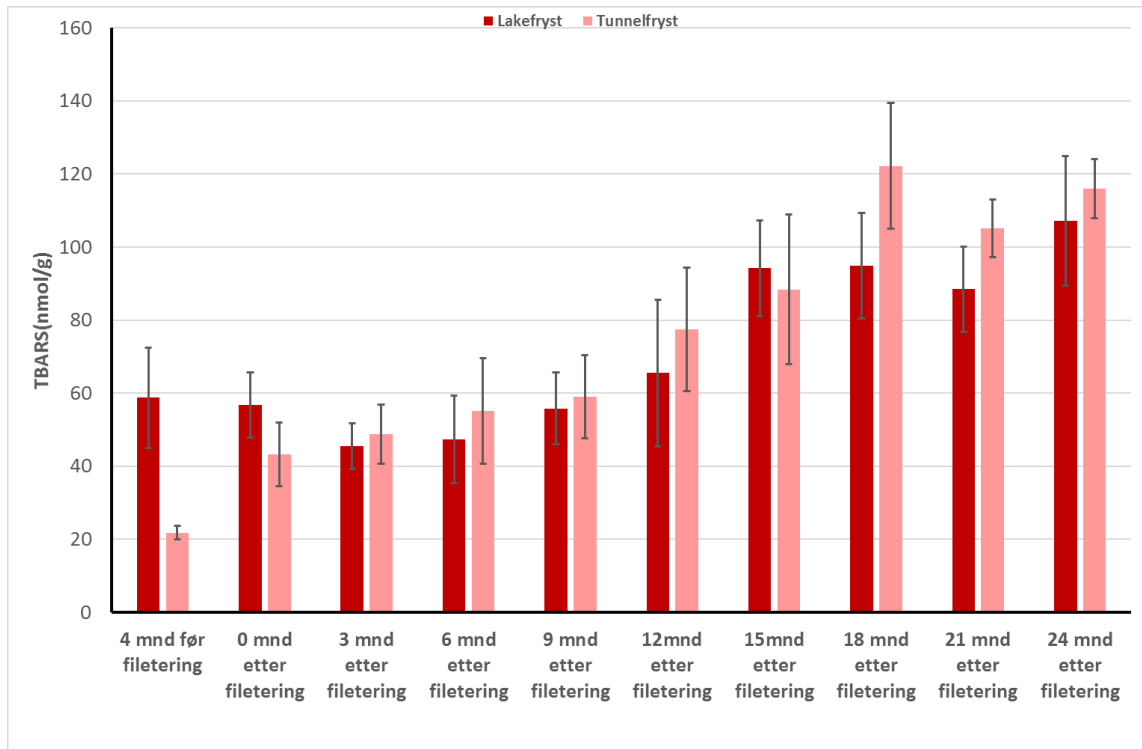
Råstoffet hadde et vanninnhold på $61.3 \pm 1,1$ g/100g og et fettinnhold på $20,2 \pm 0,6$ g/100g. Fettinnholdet i makrellfilet vil variere gjennom sesongen, og ligger i henholdt til Nifes sine sjømatdata mellom 2,8-37g/100g med et snitt på rundt 25g/100g (www.nifes.no). Tunellfryst rund fisk har etter tining et vanninnhold som er ca. 2 % lavere enn som fersk, mens lakefryst rund fisk har samme vanninnhold som fersk etter tining. Dette kan indikere at lakefryseprosessen gir mindre celleskade slik at drypptapet er minimalt.

Tabell 5. Næringsinnhold i råstoff og filet med ulike behandling.

Produkt	Vann g/100g	Salt g/100g	Fett g/100g	pH
Fersk fisk	$61,3 \pm 1,1$	$0,83 \pm 0,02$	$20,19 \pm 0,59$	
Lakefryst rund fisk	$61,6 \pm 0,8$	$0,51 \pm 0,03$	$20,2 \pm 0,66$	$6,2 \pm 0,03$
Tunellfryst rund fisk	$59,4 \pm 0,7$	$0,23 \pm 0,01$	$22,2 \pm 1,13$	$6,2 \pm 0,07$
Filet fra lakefryst filet		$0,62 \pm 0,03$		
Filet fra tunellfryst filet		$0,62 \pm 0,04$		
Fersk filet		$0,73 \pm 0,07$		

3.1.1 TBARS

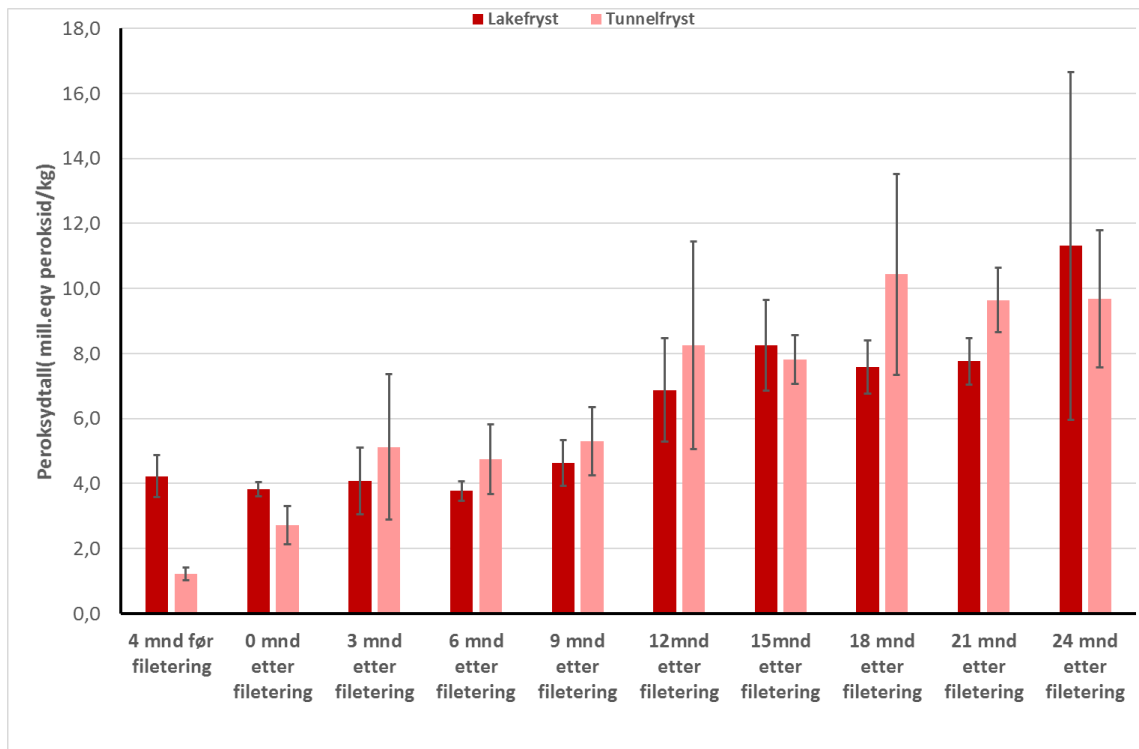
Filet av lakefryst og tunnellfryst makrell har en stigning i TBARS-verdi gjennom lagringsperioden på 24 mnd (figur 8). Stigningen er signifikant fra 12 mnd. fryselagring for filet fra tunnellfryst råstoff og fra 15 mnd. for filet fra lakefryst råstoff. Med unntak av uttak etter 18 mnd. ($p < 0,001$) er det ikke signifikante forskjeller mellom seriene underveis i lagringsperioden.



Figur 8. TBARS-verdi i makrellfilet med ulik forbehandling over 24 måneders fryselagring. N=5.

3.1.2 PEROKSIDTALL

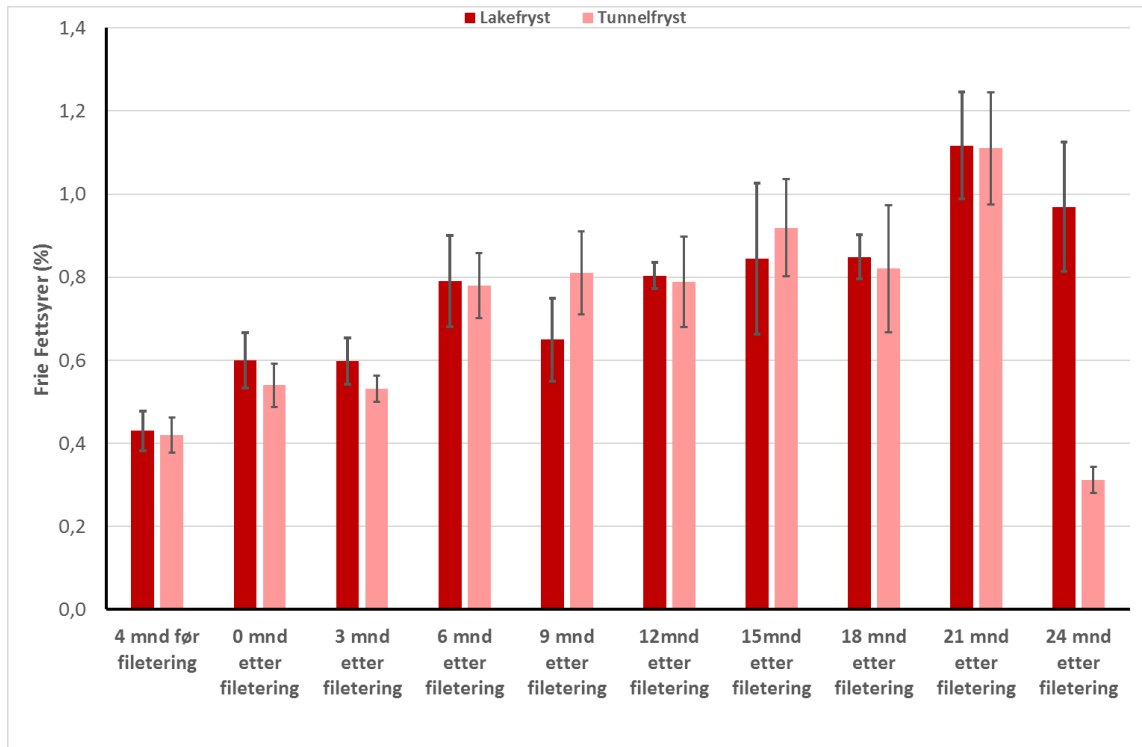
Peroksid er en primær oksidasjon som vil øke i begynnelsen av et oksidasjonsforløp for deretter å synke [8]. Resultatene (figur 10) viser at begge seriene har stigende peroksidtall gjennom hele lagringsperioden, men at stigningen reduserer i fart etter 12 måneder. Det er også først etter 12 måneder at stigningen er signifikant for begge seriene sammenlignet mot 0-uttaket. Med unntak av 18 mnd uttaket, er peroxydtallet ikke signifikant forskjellig mellom de to seriene.



Figur 9. Peroksid-verdi i makrellfilet med ulik forbehandling over 24 måneders frysing. N=5.

3.1.3 FRIE FETTSYRER

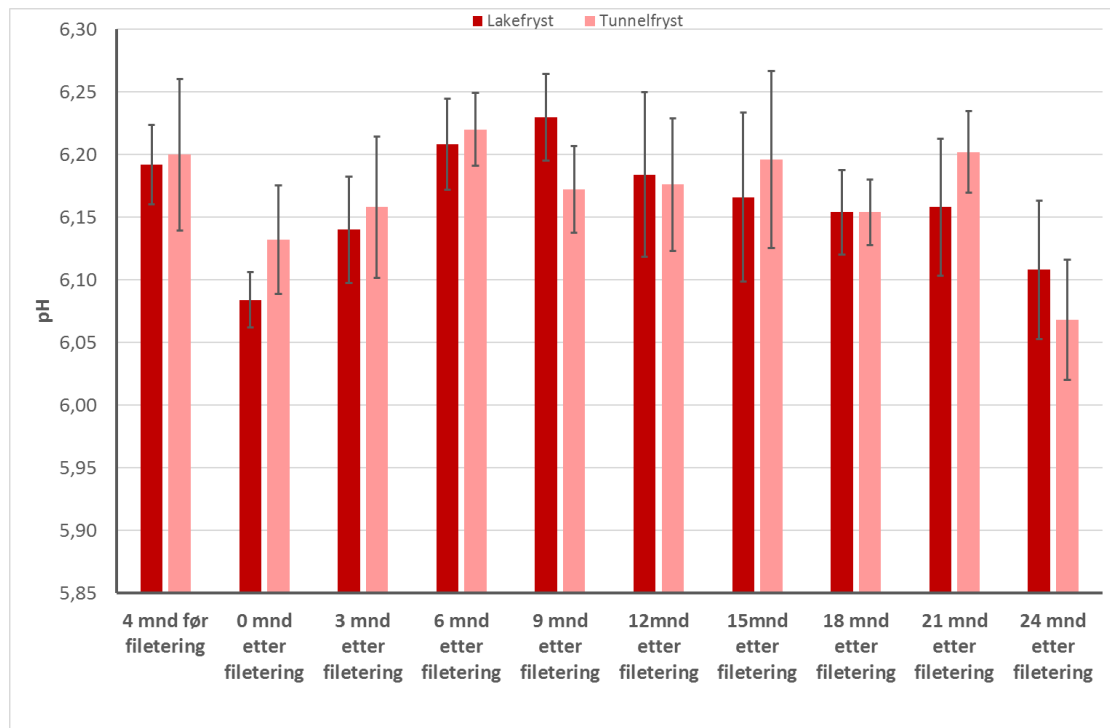
Det er en jevn økning av andelen frie fettsyrer i fett til makrellfiletene ut over i lagringsforsøket (figur 10) før det gjør et dropp etter 24 mnd. Stigningen er signifikant fra seks måneder for filet av tunnelfryst råstoff og fra 12 mnd for filet fra lakefryst råstoff. Det registreres ikke signifikante forskjeller i frie fettsyre mellom de to seriene gjennom frysingperioden med unntak av 9 mnd uttak og 24 mnd uttak. Filet fra tunnelfryst råstoff har et svært lavt innhold av frie fettsyrer etter 24 måneder lagring og forurensing i prøvemateriale mistenkes.



Figur 10. Frie fettsyrer i makrellfilet med ulik forbehandling over 24 måneders frysing. N=5.

3.1.4 PH

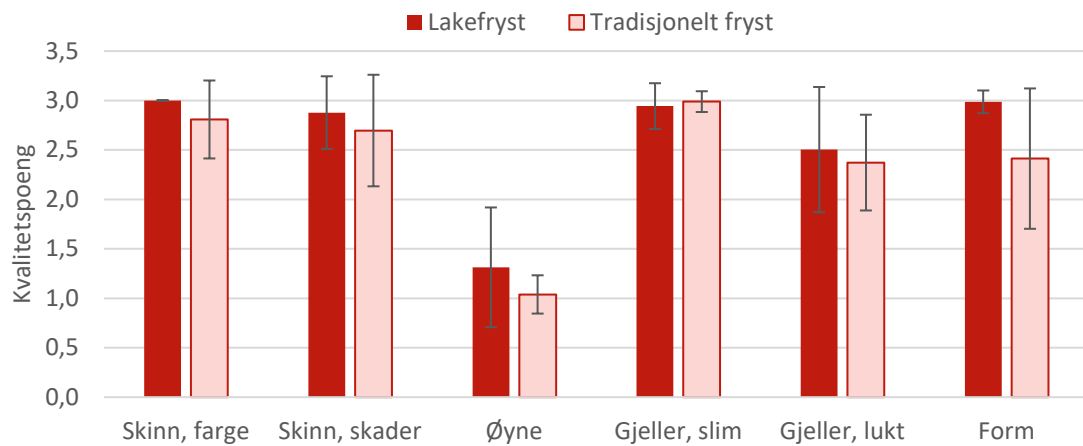
pH ligger mellom 6,07-6,22 gjennom hele lagringsperioden og det er ikke signifikante forskjeller mellom seriene underveis i lagringsperioden.



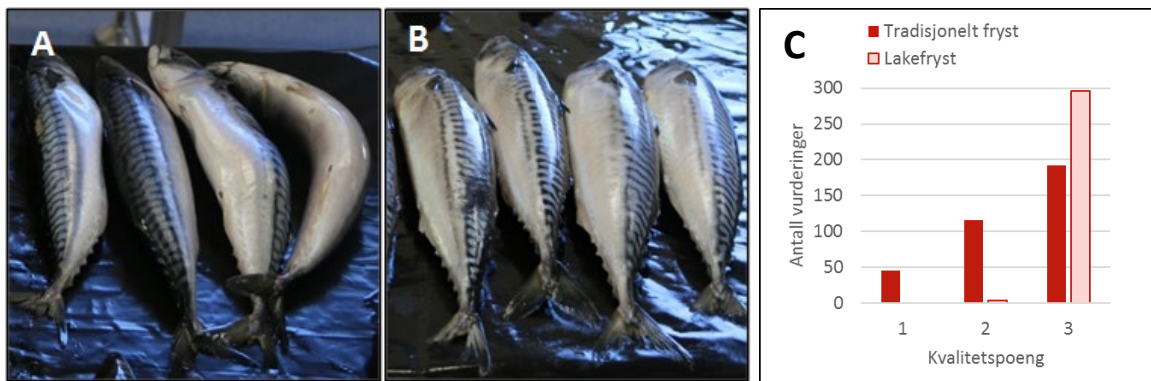
Figur 11. pH i makrellfilet med ulik forbehandling over 24 måneders fryselagring. N=5.

3.2 SENSORISK VURDERING AV RÅSTOFF

Både rund fisk innfrost i lake og tunell hadde tilfredsstillende kvalitet. Kvaliteten til lakefryst rund makrell har en tendens til å ligge litt høyere i kvalitetsskår enn tradisjonelt fryst makrell. Øyne avviker mest fra kvalitetskriteriene til ferskt råstoff for begge grupper med at all makrell hadde konkave til innsunkne øyer. I tillegg har den lakefryste makrellen et tydelig hvitt væskefylt område bak øynene (figur 12). Størst forskjell mellom innfrysingsmetodene er i form. På rund makrell var det et påfallende fravær av bøyd fisker i den lakefryste gruppen sammenlignet med tradisjonelt fryst makrell (figur 13).



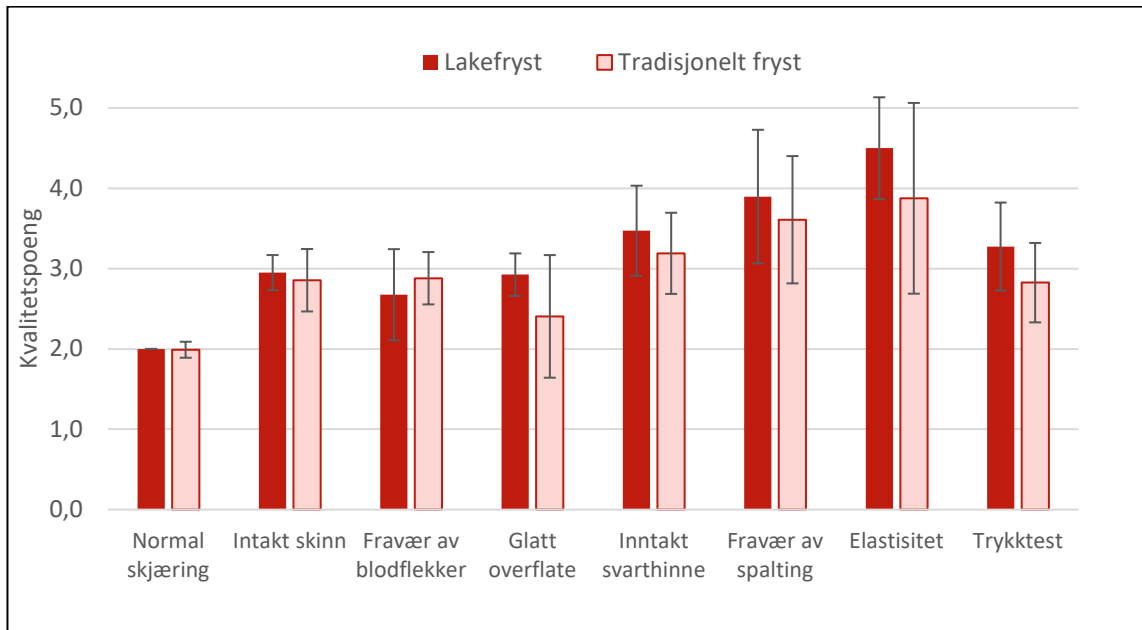
Figur 12. Kvalitetsvurdering av rund makrell. Maksimalt poeng (3) gjenspeiler høyest kvalitet. Vurderingsskalaen finnes i vedlegg.



Figur 13. Formvurdering av rund makrell fra A) tradisjonell innfrysning og B) lakeinnfrysning. Den 4. fisken fra venstre i A) blir vurdert med 1 poeng, mens fiskene fra B) får 3 kvalitetspoeng for formen. C) viser totalt antall vurderinger i hver kvalitetsgradering.

3.2.1 UTSEENDE FILET

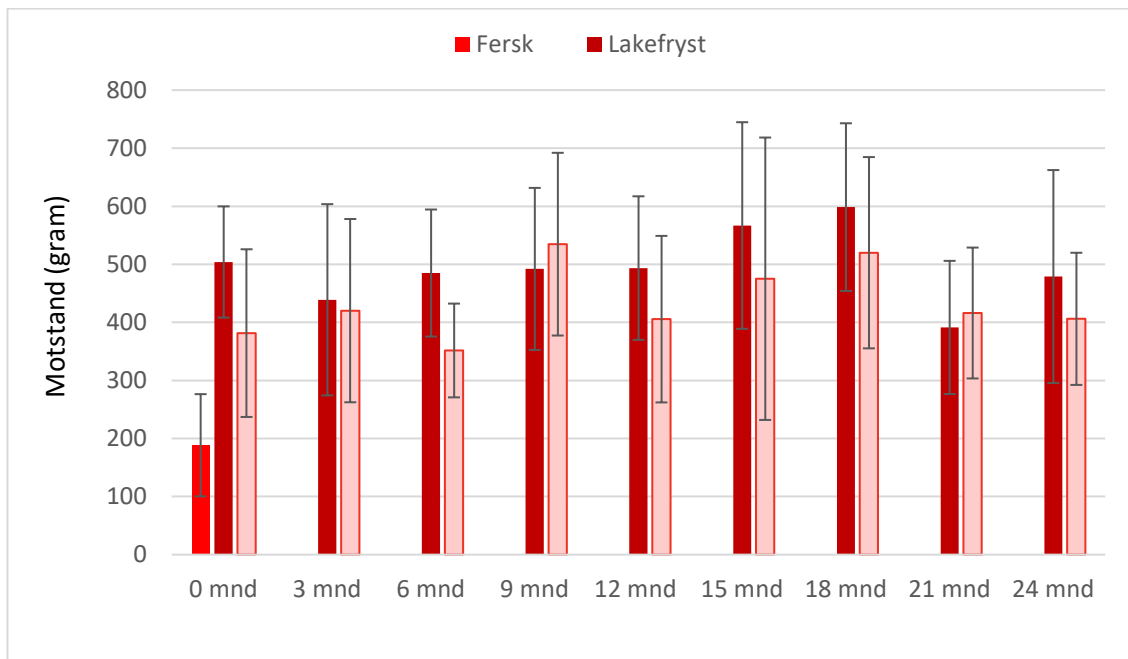
Både filet fra makrell innfrost i lake og tunell hadde tilfredsstillende kvalitet. Kvaliteten til filetene av lakefryst makrell har en tendens til å ligge litt høyere i kvalitetsskår enn tradisjonelt fryst makrell (figur 14). I begge gruppene ble det påfallende mange feil ved nakkekuttet detektert.



Figur 14. Kvalitetsvurdering av makrellfilet. Maksimalt poeng (5) gjenspeiler høyest kvalitet. Vurderingsskalaen finnes i vedlegg.

3.2.2 TEKSTUR

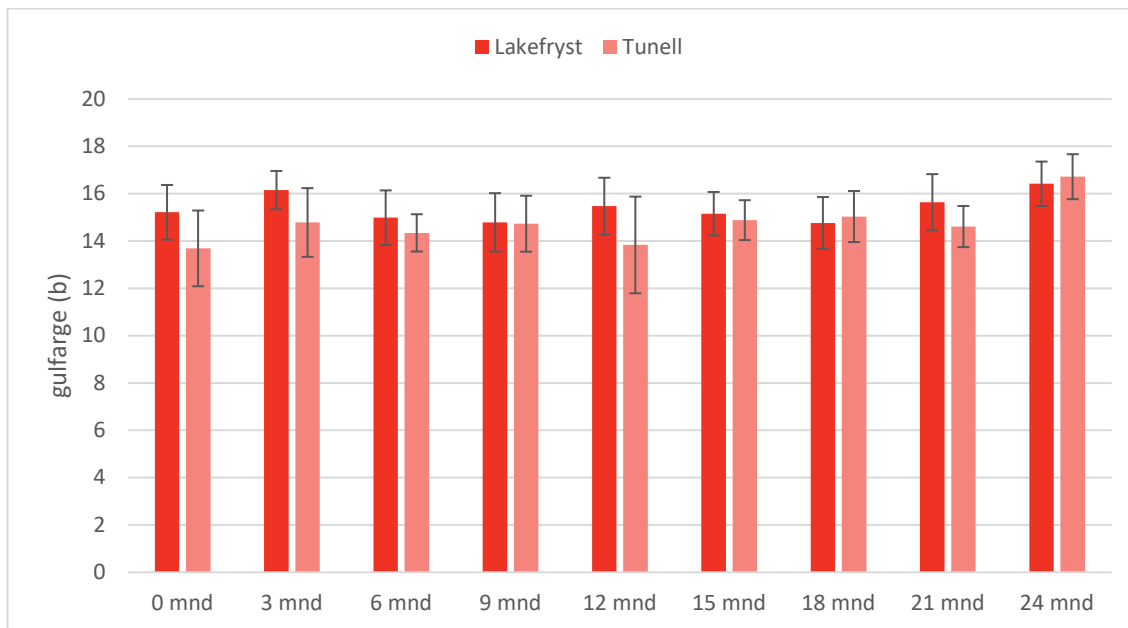
Figur 15 viser at fryst filet har en signifikant fastere konsistens enn fersk filet. Filet av lakefryst råstoff har også en signifikant fastere tekstur etter 6 og 24 mnd sammenlignet med filet fra tunellfryst råstoff ($P = 0,038$ og $P = 0,003$). Dersom man tar ut lagringstid som faktor, kommer filet av lakefryst råstoff ut som signifikant fastere sammenlignet med filet av tunellfryst råstoff ($p=0,031$).



Figur 15. Teksturendringer i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 24 måneders fryselagring. N=20.

3.2.3 FARGE

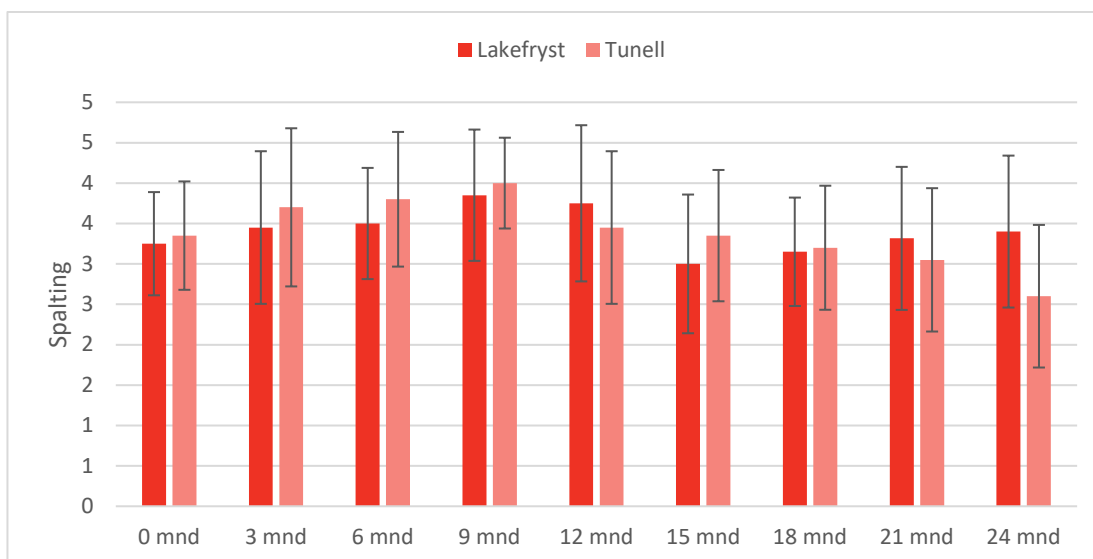
Med unntak av de to første uttakene er det ikke signifikante forskjeller i gulfarge mellom filet av lakefryst og tunellfryst makrell. Det er derimot en økning i gulfarge for begge seriene gjennom lagringsperioden og etter 18 mnd og 24 mnd er denne signifikant for filet av tunellfryst råstoff ($p=0,0123$ og $p<0,001$) og etter 24 mnd er forskjellene signifikant for lakefryst råstoff ($p=0,0478$)(figur 16). Resultatet er i tråd med tidligere forsøke av Larssen, Barnung [9] som også viste økt andel gulfarge under fryselagring av makrell etter 18 mnd fryselagring.



Figur 16. Utvikling av gulffarge i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 24 måneders fryselagring. N=20.

3.2.4 SPALTING

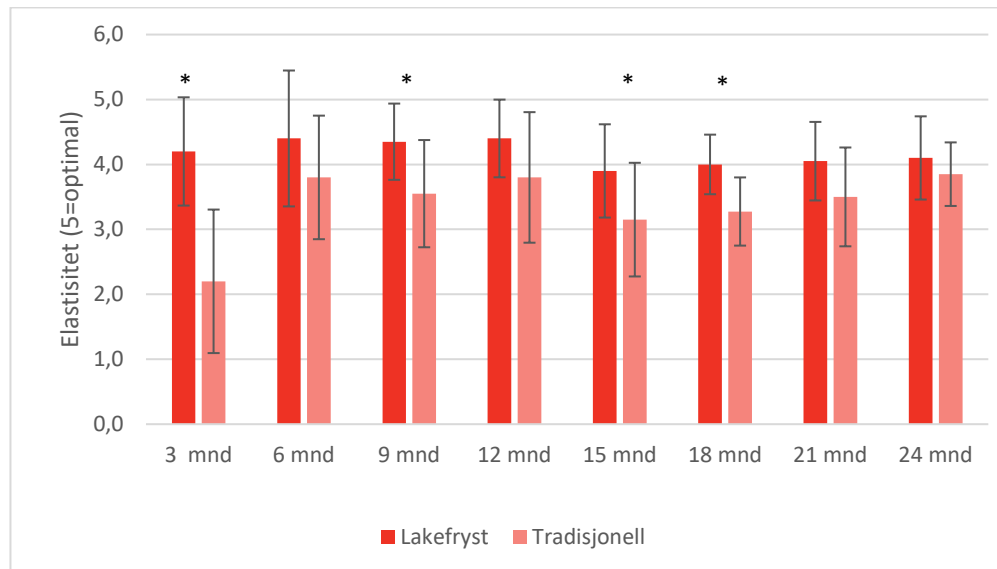
Resultatene (figur 17) viser at grad av spalting er lik uavhengig av type forbehandling og lagringstid. Grad av spalting er generelt høyt på fileten, noe som trolig er en følge av behandling under prosessering, innfrysing og tining. Kun uttak etter 24 mnd viser en signifikant høyere grad av spalting på filet av lakefryst makrell sammenlignet med tunellfryst.



Figur 17. Utvikling av spalting i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 24 måneders fryselagring. Spalting evaluert på en skala fra 1-5 der 5 er høyest grad av spalting. N=20.

3.2.5 ELASTISITET

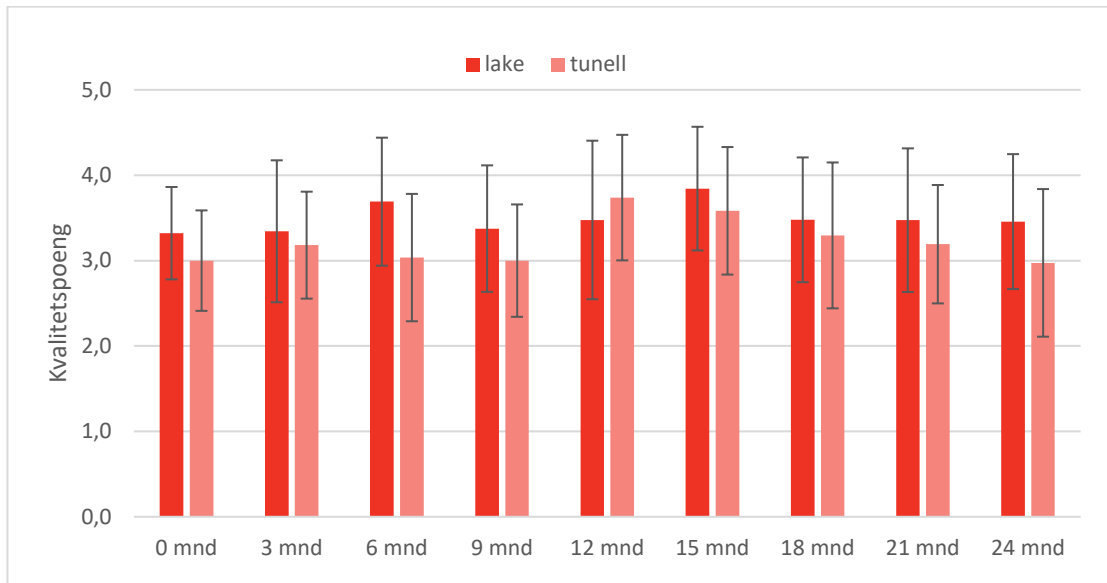
Det er store individuelle forskjeller på elastisitet registret på makrellfiletene. Etter 3 mnd fryselagring har lakefryst råstoff signifikant bedre elastisitet enn tradisjonelt fryst råstoff ($p < 0,05$)* (figur 18). Det er også signifikante bedre elastisitet på lakefryst råstoff etter 9, 15 og 18 mnd. Med unntak av 3 mnd uttak for tunellfryst råstoff er det ikke signifikant endring i elastisitet som følge av lagring. Dersom man tar ut lagringstid som faktor kommer fileten av lakefryst råstoff ut med en tendens ($p = 0,0693$) til å ha bedre elastisitet enn tunellfryst råstoff.



Figur 18 Elastisitet Utvikling av spalting i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 24 måneders fryselagring. Spalting evaluert på en skala fra 1-5 der 5 er høyest grad av spalting. N=20.

3.3 SENSORISK KVALITET PÅ VARMEBEHANDLET FILET

Under nulluttaket ble det ikke registrert forskjell mellom smaksprøver av filetene fra lakefryst og tradisjonelt fryst makrell og kvaliteten er stabil gjennom lagringsperioden for begge innfrysingsmetodene. Panelet rapporterer om at den fryselaagrede fileten var noe mindre saftig, hadde litt fastere tyggemotstand og med litt mer utviklet smak sammenlignet mot fersk makrellfilet. Men forskjellene er ikke store. Ingen av dommerne rapporterer om harsk smak. I hovedparten av uttakene ble fileten fra lakefryst råstoff gjennomsnittlig vurdert som litt bedre enn fileten fra tradisjonelt fryst makrell. Men forskjellene er ikke signifikante. Både fileten fra lakefryst og tradisjonelt fryst råstoff er godkjent for konsum og blir vurdert som god konsumvare.



Figur 19. Sensorisk kvalitetsvurdering av fryselaget makrellfilet.

4. DISKUSJON

Japankuttet filet (filet med buk og bukhinne intakt) er den mest ettertraktede filetypen av makrell i Asia og dokumentasjon av oksidasjonsstatus i sluttproduktet etterspørres av markedet. Resultatene fra prosjektet har gitt ny kunnskap om hvordan oksidasjonsutviklingen i makrellfilet produsert av to ulike frysede råstoff påvirkes av lagringstid.

Lakefrysing av råstoff øker saltinnholdet i den runde fisken med rundt 0,3 % salt fra 0,2 til 0,5 %. Under tineprosessen før filetering jevner denne forskjellen seg ut til 0,6 % salt og filet fra lakefryst råstoff har likt saltinnhold som filet fra tunellfryst råstoff. Salt kan ha både en konserverende og en akselererende effekt knyttet til oksidasjon på grunn av metallene kobber og jern som finnes naturlig i små mengder i salt [10].

Generelt er det små forskjeller mellom filet fra lakefryst råstoff sammenlignet med filet fra tunellfryst råstoff. Det lakefryste makrellen ble lagret i plastkar med omsvøp i 3 mnd. før filetering, mens den tunellfryste makrellen ble lagret i pappkartong med plastsvøp. Pakking i kar vil gi litt bedre tilgang for oksygen til produktene. Etter filetering ser en at filetene fra lakefryst råstoff har litt høyere oksidasjon ved nulluttak sammenlignet med fileter fra tunellfryst råstoff. Forskjellen er ikke stor og kan være et resultat av tilfeldigheter, men det er også mulig at pakkemetode av råstoff kan ha spilt inn. Det er ikke tidligere sett på forskjeller i oksidasjon mellom råstoff pakket i bulk kontra kartong, men tidligere forsøk på sild viser at emballering som minimerer tilgang til oksygen har stor betydning for oksidasjon [11].

TBARS er et mål på hvor harsk fiskemuskel er. Høyt fettinnholdet i makrell gjør produkter fra dette råstoffet sårbare for harskning. Resultatene fra TBARS-målingene i forsøkene viser at filet fra lakefryst råstoff har lik eller lavere TBARS verdi sammenlignet med filet fra tunellfryst råstoff og at TBARS-verdien stiger utover lagringsforsøket. Stigningen skjer raskets hos filet fra tunellfryst råstoff og etter 12 mnd. har man en signifikant stigning sammenlignet mot 0-uttakbehandlet. Etter 15 mnd. ser en også at stigningen er signifikant for filet fra lakefryst råstoff.

Uttaket etter 15 mnd. fryselagring er det eneste der filet fra lakefryst råstoff er høyere enn hos filet fra tunellfryst råstoff. Så selv om en ikke har signifikante forskjeller mellom seriene, så er det mulig at en ved et større prøveuttak ville kunne se at filet fra lakefryst råstoffet har lavere oksidasjon og dermed bedre fryselagringsegenskaper. I henhold til Ackman [12] vil TBARS stige før verdien avtar når oksidasjonsforløpet er langt fremskredet. I dette forsøket har dette ikke inntruffet ennå og en måtte ha gjennomført en utvidet lagringsperiode for å detektere dette. Dette er derimot ikke av kommersiell interesse.

Peroksid er et mål på primær oksidasjon, den øker i begynnelsen av oksidasjonsforløpet for deretter å synke [8, 12]. For de to fryselagrede produktene så er det jevn stigning av peroksidtallet helt frem til 24 mnd og antyder med dette at det fremdeles er primær oksidasjon som er dominerende. Dette resultatet støtter opp om TBARS-resultatene.

Frie fettsyrer har en jevn økning og allerede etter 6 mnd. lagring er nivået i begge seriene signifikant høyere enn null-uttaket.

Oksideringen skjer forskjellig i de ulike delene av fileten. Studier på både sild og makrell viser forskjeller mellom skinn, mørk muskel og lys muskel [13, 14]. Studier av rund fryselagret makrell viser at skinnen og den mørke muskulaturen rett under skinnen oksiderer raskest [13]. Det samme viser seg i studier av fryselagret sildefilet. Der er muskulaturen like under skinnen mer eksponert for oksidering, men dette jevnet seg ut over tid [14]. Trolig gjelder dette også for makrellfilet. Generelt viser oksidasjonsmålingene store forskjeller mellom filetene i samme serie, noe som gjenspeiler seg i høye standardavvik. Selv om en har forskjeller mellom seriene i gjennomsnitt, er det sjelden signifikante forskjeller på grunn av de store individuelle forskjellene innad i prøven. Basert på dette kan en vurdere om prøveuttaket av 20 ulike fisk som deretter ble opparbeidet til 5 samleprøver er utilstrekkelig. Muligens ville et større prøveuttak, eller prøveuttak fra en fast del av fileten gitt et mer nøyaktig resultat.

Makrell har en sterk egenlukt og smak, der spesielt umamismaken blir mer fremtredende ved fryselagring. Etter 24 mnd fryselagring ble både filet av lakefryst og tunellfryst fisk vurdert som egnet til konsum og reduksjon i saftighet og tekstur blir dratt frem som hovedforskjell i fra referanse. Tidligere forsøk på produkt av sild, har vist at TBARS-verdi på 50-80 millieqv/kg korrelerer med nedsatt sensorisk kvalitet [11, 15]. Dette er ikke er i tråd med våre forsøk på makrell, der vi til tross for TBARS-verdier opp mot 120 millieqv/kg ikke har diskvalifisert råvaren i forhold til konsum. Resultatene korrelerer med tidligere lagringsforsøk gjennomført på makrell [9]. Sveinsdóttir, Karlsdóttir [16] viser til at ubehandlet makrellfilet har en uakseptabel harsk smak etter 2,5 mnd fryselagring. I dette forsøket har en derimot et TBARS-nivå som er tre ganger så høyt som i våre forsøk og dette kan tyde på at råstoffet som ble benyttet hadde nedsatt kvalitet ved innfrysing og dermed reduserte dette også lagringstiden.

Målingene av gulfarge i filetene viser jevn økning under lagringen og b-verdien i filet fra tunnellfryst råvare øker fra 13,4 ved 0-uttaket til i underkant av 17 etter 24 mnd. lagring. Samme utvikling er beskrevet av Sone, Skåra [17] der gulfarge (b-verdi) steg fra 12 til i overkant av 14 under 12 mnd. lagring og Larssen, Barnung [9] der stigningen var fra rundt 13-20 på 18 mnd. Det er ingen signifikante forskjeller mellom de ulike frysemetodene i vårt studium.

Det ble gjennomført sensorisk evaluering av elastisitet på alle prøvene (N=20) som inngikk i lagringsforsøket. Lakefryst råstoff har en tendens til å ha bedre elastisitet enn tunellfryst råstoff og resultatet støttes av teksturdata der lakefryst råstoff ble vurdert som fastere. Tidligere har en sett en reduksjon i elastisitet under fryselagring [9], men denne var ikke signifikant i vårt forsøk.

Figur 15 viser at fryst filet har en signifikant fastere konsistens enn fersk filet. Filet av lakefryst råstoff har også en signifikant fastere tekstur etter 6 og 24 mnd sammenlignet med filet fra tunnellfryst råstoff ($P = 0,038$ og $P = 0,003$). Dersom man tar ut lagringstid som faktor kommer filet av lakefryst råstoff ut som signifikant fastere sammenlignet med filet av tunnellfryst råstoff ($p=0,031$).

Instrumentell teksturmåling av fastheten i fiskefiletene viste at fryst filet har en signifikant fastere konsistens enn fersk filet. Dersom en ser bort fra lagringstid så har filet fra lakefryst råstoff en fastere konsistens sammenlignet med filet fra tunnellfryst råstoff. En forventet at

teksturen ble bløtere etter lengre tids fryselagring som Aubourg, Torres [18] fant i sine studier. En av årsakene til redusert fasthet og spenst under fryselagring kan komme av nedbrytning og endringer i funksjonalitet hos proteiner, som også er rapportert å øke ved høyere fryselagringstemperatur [19]. Dette har vi ikke sett i våre forsøk.

Produksjonsmetodikk i dette forsøket var automatisert og filetering ble gjennomført på pilotlinje til Pelagia i Selje. At en ser økt holdbarhet på produktene i dette forsøket sammenlignet med tidligere arbeid der produksjonsprosessen ikke var ferdig utviklet [9] er forventet. All filett i forsøket bar preg av mye spalting. Ved nulluttak registrerte et ekspertpanel mindre spalting på filett av lakefrost råstoff. Dette ser en derimot ikke igjen etter fryselagring og det er ingen signifikante forskjeller mellom seriene.

Filetene i dette forsøket ble lagret ved -30°C . Temperatur under fryselagring påvirker oksidasjonsforløpet, og Saeed and Howell [19] fant store forskjeller i oksidasjonsforløp ved lagring på -20 og -30°C . Det er derfor rimelig å anta at dersom en hadde gjennomført lagringforsøket ved høyere temperaturer ville en fått en tidligere kvalitetsreduksjon.

Resultatene fra prosjektet bidrar til å redusere usikkerheten knyttet til produkt- og produkt-egenskaper til norskprodusert makrellfilett for det asiatiske markedet. Kjennskap til oksidasjonsprosesser knyttet til valg av innfrysingsmetode av råstoff har gitt viktig informasjon om hvordan produktene kan prosesseres for å oppnå etterspurt kvalitet i markedet. Resultatene fra prosjektet gir nytteverdi ved at man kan bruke lakefrysing av råstoff som en energieffektiv og skånsom produksjonsmetode som forenkler tining og filetering uten at en ser økning i oksidasjon eller reduksjon i kvalitet som følge av dette.

5. KONKLUSJON

Resultatene fra oksidasjonsstudiet for fryselagret makrellfilett av lakefrost råstoff viser god holdbarhet for filetene. For å kunne tilfredsstille kundekravene er det ifølge pelagisk industri viktig at filetene har en holdbarhet på minimum et år. Resultatene viser at selv etter 24 mnd fryselagring etter filetering er både oksidasjon og spisekvalitet akseptabel og produktet overstiger dermed markedskravet.

- Lakefrost makrell har kun 1,2 % fisk med svak bananform. Hos tradisjonelt frost makrell hadde 33 % svak bananform, mens 13 % hadde tydelig bananform før tining.
- Oksidasjon i makrellfilett under fryselagring i 24 mnd. viser ingen signifikant forskjell mellom innfrysing metode av råstoff.
- Ved nulluttak er det høyere grad av spalting på filett fra tunellfrost råstoff og tekstur og elastisitet er noe lavere. Fryselagring har ingen effekt på spalting, tekstur og elastisitet.

- Både filet av lakefryst og tunellfryst makrell blir gradvis gulere under fryselagring og etter 21 mnd. er forskjellen signifikant for filet av tunellfryst råstoff og først etter 24 mnd. for filet fra lakefryst råstoff.
- Sensorisk er det små forskjeller mellom seriene etter 24 måneders fryselagring. Dersom lagringstid tas ut som faktor, har lakefryst makrell signifikant bedre spisekvalitet sammenlignet med filet fra tunellfryst makrell.

6. REFERANSER

1. Norsk_Standard (1994). "Atlantisk laks. Måling av fett." (1.utgave).
2. Crowe, T.D. and P.J. White, *Adaptation of the AOCS official method for measuring hydroperoxides from small-scale oil samples*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2001. **78**(12): p. 1267-1269.
3. Dulavik, B., et al., *Oxidative stability of frozen light and dark muscle of saithe (Pollachius virens L.)*. 1998. **5**: p. 233-245.
4. Bernárdez, M., et al., *Modified method for the analysis of free fatty acids in fish*. Journal of agricultural and food chemistry, 2005. **53**(6): p. 1903-1906.
5. Girolami, A., et al., *Measurement of meat color using a computer vision system*. Meat science, 2013. **93**(1): p. 111-118.
6. Yam, K.L. and S.E. Papadakis, *A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces*. Journal of Food Engineering, 2004. **61**(1): p. 137-142.
7. NMKL:201, *Quality control test- Sensory evaluation of marine oils*. 2017, Nordisk metodikkomitè for næringsmidler.: Nordisk metodikkomitè for næringsmidler. p. 46.
8. Olsen, E., et al., *Autoxidation of cod liver oil with tocopherol and ascorbyl palmitate*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2005. **82**(2): p. 97-103.
9. Larssen, W.E., et al., *PELAGISK LØFT - OKSIDASJON I FRYSELAGRET JAPANKUTTET MAKRELLFILET*. 2018, Møreforskning Ålesund: Møreforskning. p. 34.
10. Lauritzsen, K., *Quality of salted cod (Gadus morhua L.) as influenced by raw material and salt composition*. 2004.
11. Bjørkevoll, I., et al., *Kvalitetsanalyse av sild. Vakuumpakking av rund sild og sildefilet tilastt lake før fryselagring*. 2002, Fiskeriforskning: Fiskeriforskning. p. 25.
12. Ackman, R.G., *Fish Oil*, in *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6 Volume Set*. 2005, Chapter. p. 279-317.
13. Ke, P., et al., *Differential lipid oxidation in various parts of frozen mackerel*. International Journal of Food Science & Technology, 1977. **12**(1): p. 37-47.
14. Undeland, I., M. Stading, and H. Lingnert, *Influence of skinning on lipid oxidation in different horizontal layers of herring (Clupea harengus) during frozen storage*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998. **78**(3): p. 441-450.
15. Kjerstad, M., W.E. Larssen, and B.T. Nystrand, *Produkt- og markedsutvikling for restråstoff av NVG-sild til konsum*. 2014, Møreforskning: Møreforskning. p. 62.
16. Sveinsdóttir, H.I., et al., *Effect of antioxidants on the sensory quality and physicochemical stability of Atlantic mackerel (Scomber scombrus) fillets during frozen storage*. Food Chemistry, 2020: p. 126744.

17. Sone, I., T. Skåra, and A.V. Skuland, *Utvikling og optimalisering av makrellfiletering*. 2017: NOFIMA. p. 34.
18. Aubourg, S.P., et al., *Effect of high-pressure treatments applied before freezing and frozen storage on the functional and sensory properties of Atlantic mackerel (Scomber scombrus)*. LWT-Food Science and Technology, 2013. **53**(1): p. 100-106.
19. Saeed, S. and N.K. Howell, *Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (Scomber scombrus)*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2002. **82**(5): p. 579-586.



MØREFORSKING AS

Postboks 5075

6021 Ålesund

TEL +47 70 11 16 00

www.moreforsk.no

NO 991 436 502