

SLUTTRAPPORT

Utvikling av teknologi og metode for lakefrysing av makrell

Juni 2018

Prosjekteier og prosjektansvarlig: MMC First Process AS

Prosjektleder: Stein Ove Østvik (UKAP AS)

Prosjektteam: Petter Kåre Grytten (MMC FP), Leif Gjølseth (MMC FP), Stein Ove Østvik (UKAP AS), Arne Aasen (MMC FP), Magne Staurset MMC FP, Jostein Øy (MMC FP), Tomas Krogsethagen (MMC FP), Hans Kristian Valderhaug MMC FP, Frank Drønnesund (MMC FP), Asbjørn Bøstrand (Pelagia).

Styringsgruppe: Leif Gjølseth (MMC FP), Petter Kåre Grytten (MMC FP), Gunnar Domstein (Pelagia), Lars Lovund (FHF), Alexander Krokedal Rønnevik (Pelagia).



Gjennomført av MMC First Process AS i samarbeid med UKAP AS og Pelagia AS,
med støtte fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond, FHF (Prosjekt i bedrift).



FISKERI- OG HAVBRUKSNÆRINGENS
FORSKNINGSFOND

Innhold

Bakgrunn	3
Målsetting.....	4
Forsøk og utviklingsarbeid.....	5
Utvikling av batch-basert testfryser, fase 1.....	5
Ulike saltlaker	6
Måling av saltkonsentrasjon i lake	6
Temperaturmåling	7
Test av emballering	8
Utvikling av kontinuerlig fryser	8
Installasjon og test av kontinuerlig fryser, Selje.....	9
Kvalitetsmåling	10
Måling av energiforbruk	10
Resultater	11
Lakefrysing generelt	11
Saltlake	12
Regelverk - Mattilsynet	12
Resultater fra emballeringstester.....	13
Frysetid	14
Testproduksjon, Pelagia Selje.....	15
Produksjonskapasitet	16
Energiforbruk.....	16
Glasing	18
Visuell kvalitet på fisken	20
Saltinnhold.....	22
Oksidasjon	22
Diskusjon/Konklusjon	23
Vedlegg: Notat; Sensorisk vurdering av lakefrost makrell, Møreforskning.....	24

Bakgrunn

Norsk prosesseringsindustri for pelagisk fisk har et klart uttrykt ønske om å øke andelen filetering av makrell og øke produkt- og kvalitetsdifferensiering ved bruk av ny teknologi (Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond, FHF; «Pelagisk løft»). Det ble eksportert over 350 000 tonn makrell fra norsk industri i 2015. Bearbeidingsgraden er lav hvor kun 2,2 % av råstoffkvantumet fileteres for eksport (eksportstatistikk 2014 og 2015). Resten er hel fryst makrell som i dag blir filetert og videre bearbeidet i transitt- eller markedsland. For å styrke sin posisjon, ønsker norsk industri å kunne gjennomføre filetering og pakking av markedstilpassede produkter av makrell i Norge. Økt bearbeiding i Norge gir også mulig tilgang til mer restråstoff, og dermed økt produksjon av protein- og oljeingredienser i Norge.

Industrien ønsker mulighet for økt bearbeiding gjennom større deler av året basert på råstoff som fangstes i avgrenset sesong. Temaet står sentralt i FHF's handlingsplan. For å oppnå dette, må fiskeråstoff fryses inn i fangstsesongen, og deretter kunne tines for videre prosessering øvrige deler av året. Dette betinger en hensiktsmessig og kostnads- og energieffektiv innfrysingsmetode, hvor det oppnås riktig kvalitet på råstoffet for slik anvendelse. Makrell er følsom for fysisk påvirkning ved prosessering. Fisken har et tynt utvendig skinn, og er løs i kjøttet på grunn av høyt fettinnhold i muskelvevet. Fettinnhold og grad av matinnhold i fordøyelsessystemet varierer, og påvirker konsistensen.

Dagens metode for pakking og innfrysing av hel fisk i 20 kg kasser medfører at mye fisk mister sin naturlige form og blir bøyd. Innfrysingsmetoden som benyttes i dag er luftfrysing av ferdig emballert fisk i frysetunneler med frysetid på >18-24 timer. Lang innfrysingstid kommer som en følge av store og emballerte enheter hvor kontakt mellom strømmende luft og fisk ikke er tilstede. Luft har generelt lav varmeoverføringsevne sammenlignet med andre medier. Uemballert fisk med direkte kontakt mot luftstrøm er ikke vurdert som reelt alternativ. Frysing i kontaktfrysere utsetter fisken for mekanisk press og deformasjon av fisken.

MMC First Process AS har arbeidet med teknologi for innfrysing av fisk ved bruk av underkjølt saltlake som frysemedium. I dialog med Pelagia AS og konsortium knyttet til FHF «Pelagisk løft», er interessen stor for å oppnå kvalitets-, kostnads- og miljømessig gunstig metode for innfrysing av makrellråstoff for senere filetering. Det ansees som helt vesentlig at man har en frysemetode hvor man unngår bøyd og ellers deformert fisk.

Makrell er følsom for filetspalting. Maskinell filetering betinger at fisken er rett temperert (fortrinnsvis -2 til -3°C), og at fisken har sin naturlige, rette form ved innmating til filetmaskin.

MMC FP har tidligere utviklet et system for tining og temperering av fisk. Bedriften er ellers en av Norges ledende leverandør av RSW kjølesystemer.

Frysing av fisk med underkjølt lake er kjent da det var nettopp denne metode som ble benyttet da industriell frysing av fisk først startet i Norge. Den gangen ble imidlertid is benyttet som kuldemedium og blandet med saltlake. Da frysemaskinteknologi var etablert, ble metoden kombinert med luftfrysing og/eller kontaktfrysing. Lakefrysingen av sild på tidlig 1900-tallet gav utfordringer med harskning ved etterfølgende lagring (Lorentzen 1958, Finstad 2011).

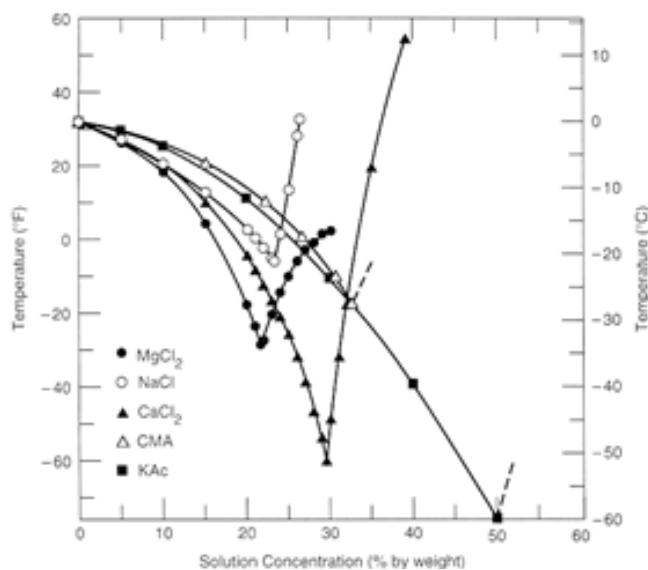
Det eksisterer enkelte installasjoner med underkjølt saltlake internasjonalt, for frysing av sjømat som krabbe, reker og pelagisk fisk. Lakefrysing av tunfisk er også kjent. Oksidasjon av fett er beskrevet som å kunne by på utfordringer. Kort innfrysingstid og lavt energiforbruk, samt fast konsistens på fisk er ellers fremhevede effekter. (Aubourg S.P. og Gallardo J.M. 2005).

MMC FP vil nå kombinere moderne frysemaskinteknologi med varmeovergang fra fisk til frysemedium ved bruk av underkjølt lake. En frysevæske vil ha optimal kontaktflate med fisken og en effektiv varmeovergang uten å påføre mekanisk skade eller uttørking.

Fisken skal kunne lagres over lengre tid uten vesentlig tap av kvalitet. Oksidasjon og uttørking må hindres. Overvåkning av oksidasjonsforløp følges av parallelt FHF-prosjekt ledet av Møreforskning.

Ved bruk av saltlake, vil det være vesentlig å unngå uønsket saltopptak. Mulighet for pre-emballering er også undersøkt.

Lake av ulike salter har følgende laveste frysepunkt (eutektisk punkt); NaCl -21,8°C, CaCl₂ -55°C og MgCl₂ -33,6°C. Det er gjennomført tester med alle disse, men det er først og fremst vanlig NaCl som er aktuell.



Figur: Fasediagrammer for ulike saltløsninger (Vaa og Sakshaug 2007).

Målsetting

Hovedmål:

Prosjektet skal utvikle teknologi og metode for innfrysing av rund makrell med en kvalitet og form som gjør den egnet som råstoff til automatisert filetproduksjon.

Delmål:

- Utvikle energieffektiv fryseteknologi basert på underkjølt lake med kapasitet på 700 kg/time
- Finne gunstig sammensetning av frysemedium (lake)
- Finne gunstige produksjonsbetingelser for innfrysing av råstoff for senere filetproduksjon, herunder også glaserings og emballering.
- Bygge, teste, måle/analysere, dokumentere og demonstrere resultater av en konseptuell versjon i egen maskinhall (fase 1).
- Bygge, teste, måle, dokumentere og demonstrere egen prototype i fiskeindustrianlegg (fase 2).
- Beregne energiforbruk pr. kg frosset fisk og sammenligne det med tradisjonell innfrysing.

Forsøk og utviklingsarbeid

Hovedaktivitetene i prosjektet har vært følgende:

1. Utvikling og bygging av testtrigg med batch-tank i maskinhall hos MMC FP (Vigra, Q3 2016)
2. Testing med batch-tank (Vigra, Q3/4 2016 - Q1 2017)
3. Utvikling, bygging av kontinuerlig fryser (Vigra og Sjøholt, Q2/3 2017)
4. Pre-testing og justering av kontinuerlig fryser (Vigra, Q3/4 2017)
5. Installasjon av kontinuerlig fryser (Selje, Q4 2017-Q1 2018)
6. Testing av kontinuerlig fryser (Selje, Q1 2018)
7. Kvalitetsevaluering av fryst makrell (Selje, Q2 2018)

Utvikling av batch-basert testfryser, fase 1

I fase 1 ble det utviklet og bygget en testfryser for batch-vis testfrysing;

- Kompressoreffekt inntil 90 kW
- Kuldeytelse 250 kW
- Sirkulasjonspumpe, effekt inntil 15 kW
- Flowmeter, temperatur- og salinitetsmåling
- Dimensjon lakerør: DN 200 mm
- Batchtank 3 000 liter.

Kuldeenheten er automatisert og styrer etter definert set-temperatur på utgående lake.

Tanken ble først testet med fritt gjennomløp av lake. Det ble videre modifisert med perforert rist ved utløp og overliggende sigar for innløp av lake. Det ble videre laget et hyllestativ for plassering av perforerte frysekasser med to ulike høyder for både neddykket plassering, og for plassering over lakenivå for overrisling av lake. En perforert rist med små hull ble lagt mellom fordelingssigar og kassestativ for jevn overrisling.





Figur: Bilder fra testenhet, fase 1.

Ulike saltlake

Ulike salter i vann har forskjellig termiske egenskaper, ref fasediagram (se figur x).

Det er testet NaCl (-19,5 og -20 °C), CaCl₂ (-35 °C) og MgCl₂ (-30 °C)

Saltlake	Eutektisk temp. °C	Eutektisk kons. % w/w	Test-temp. °C
NaCl	-21,8 °C	23,6 %	-19,5 og -20 °C
MgCl ₂	-33,6 °C	21,6 %	-30 °C
CaCl ₂	-55 °C	29,8 %	-35 °C

NaCl: Det ble i fase 1 benyttet grovt sjøsalt. Saltet må løses inn i vann med omgivelsestemperatur. Havsaltet inneholder noe partikler og urenheter slik at laken ikke blir helt klar, og det kan dannes noe skum. I fase 2 med storskala frysing på Selje ble det benyttet fint vakuumsalt (bergsalt). Dette saltet gir en mer klar og ren lake.

Etter noen tilfeller med unormal slitasje på fisk fra utstyret fikk laken noe forurensning over tid. Når det gjennomføres frysing uten noen form for slitasje på fisken, og minimalt med tilførsel av forurensning, vil laken kunne benyttes over lang tid (trolig flere uker), uten at farge og forurensning er noe vesentlig problem. En klar og fin lake vil uansett være ønskelig og attraktivt.

Måling av saltkonsentrasjon i lake

Det er gjennomført en kartlegging av alternative metoder for måling av saltkonsentrasjon i lake. Følgende metoder er vurdert som alternative; 1) manuelt/visuelt refraktometer, 2) elektronisk refraktometer, 3) måling av ledningsevne (konduktivitet).

Det er aktuelt med både kontinuerlig on-line måling, og stikkprøvemåling. Installasjonene har påmontert on-line ledningsevнемåler med innebygget temperaturkompensasjon. Disse gir presis måling av saltinnhold for lave saltkonsentrasjoner. For høye konsentrasjoner som benyttes under frysing erfares at presisjon i saltmåling her er dårligere. Dette sammenfaller med teoretiske data for konduktivitet i saltløsning. For stikkprøvemåling er det benyttet et elektronisk refraktometer (med temperaturkompensasjon). Her måles NaCl-konsentrasjon i 3-4 dråper. Refraktometer eller tetthetsmåler er prinsipper som også kan vurderes for online måling av saltkonsentrasjon. Det er holdt dialog med mulige leverandører av dette. Dette utstyret er dyrere enn ledningsevнемålere.

Weight %	ppm mg/litre	Sodium Chloride, NaCl
0.0001	1	2.2
0.0003	3	6.5
0.001	10	21.4
0.003	30	64
0.01	100	210
0.03	300	617
0.1	1 000	1 990
0.3	3 000	5 690
1.0	10 000	17 600
3.0	Rarely Used	48 600
5.0	Rarely Used	78 300
10.0	Rarely Used	140 000
20.0	Rarely Used	226 000
30.0	Rarely Used	Saturated
40.0	Rarely Used	Saturated
50.0	Rarely Used	Saturated
75.0	Rarely Used	Saturated
100.0	Rarely Used	Saturated
Point of Maximum Solubility	---	26%
Point(s) of Maximum Conductivity	---	26%
Maximum Conductivity	---	244 000

Tabell: Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vs konsentrasjon (%) for NaCl-lake
<http://myweb.wit.edu/sandinic/Research/conductivity%20v%20concentration.pdf>

Viskositet:

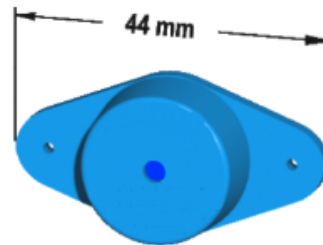
Saltlake vil ha en økt viskositet med synkende temperatur. Viskositet vil ha betydning for effektbruket for sirkulasjonspumpe. Effektbruk og lagesirkulasjon måles og fremstilles på kuldemaskinens display.

Temperaturmåling

Det er benyttet følgende målemetoder og utstyr for temperaturmåling og logging:

- Comark N2012 logger med N2000 4 kanaler og PX31L innstikkfølere
- IB Button iBC22L
- Lascar EL-USB-1 Temperature Data Logger i tett aluminiumskapsel (brukt i pakninger)
- Manuelle digitale innstikkstermometere

Det er erfart flere utfordringer for kontinuerlig og nøyaktig temperaturlogging under innfrysing. Innstikksfølere med kabel kan ikke følge en kontinuerlig og bevegelig prosesslinje, og trådløse loggere plassert i bukhulen på fisk kan gi lekkasje av lake inn til loggeren. Innstikksføler med kabel gir presis måling når fisken har en fiksert plassering, og trådløse IB-loggere har vist å gi gode data for temperaturforløp. Kontinuerlig logging ble verifisert med manuell innstikks-måling etter fullført innfrysing.



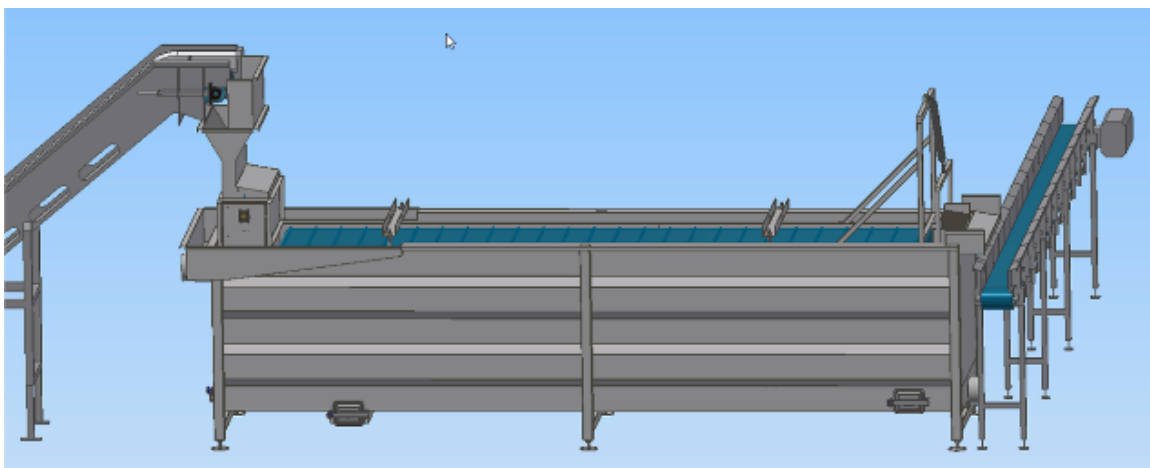
Figur: Comark logger med innstikksfølere (til venstre) og iB Button til høyre.

Test av emballering

Singelfrysing av fisk for emballering etter frysing er det primære målet for råstoff til videre filetering. Det er imidlertid også testet frysing av på forhånd emballert (vakuumert) fisk, både enkeltfisk og samlepakninger av fisk. Samlepakninger med både 10 og 20 kg med fisk ble testet for «simulering» av de enhetsstørrelser som benyttes av pelagisk for tunnelfrysing i dag.

For testing av 10 og 20 kg en ble det benyttet perforerte stålrammer og plastbakker med hull. I enhetene ble det testet uemballert fisk med ulik grad av tilrettelegging, emballert fisk posepakket i dyptrekker (uten vakuum) med og uten tilsatt vann i pakningen. Vann ble benyttet for å teste effekt på varmeledningsevne i en slik pakning.

Utvikling av kontinuerlig fryser



Figur: Innledende skisse av fryseenhet.

Det ble designet en fryseenhet for kontinuerlig frysing av makrell. Enheten består av et innmatingssystem med en stempelplate drevet av elmotor for pressing av fisk ned i tanken. Det er videre et system av band som leder fisken gjennom fryseren. Innmatingen skjer ved at fisk tilføres innmatingstrakt fra en transportør/bulkføder, og sensorer registrerer når en ønsket mengde fisk er

fylt i trakten. Mengde fisk i innmatingstrakt samt takten på innmating kan justeres. Båndhastighet og dermed gjennomløpstid gjennom fryseren kan justeres.

Ved utløpet av fryseren flyter fisken opp i overflaten og bringes av en taktstyrt løftesystem ut av fryseren. Fisken sklir deretter ned i glaseringskammer med et styrt nivå av ferskvann hvor fisken dyppes/bades og blir glasert. Oppholdstiden i glaseringsbad kan justeres, og fisken løftes ut av en løfteplate og sklir deretter ut i utmatingsrenne. Deretter pakkes fisken.

Som frysemaskineri er det benyttet samme installasjon som ved batch-frysing.

Installasjon og test av kontinuerlig fryser, Selje

Etter innledende tester og visse modifikasjoner ble fryseutstyret flyttet til Pelagia Selje.

Frysemaskineri ble installert i kontainer og det ble lagt lakerør inn gjennom vegg til frysetank som var plassert på kjølerom. Det ble startet testfrysing i januar 2018 og produksjon ut i februar til avslutning av vintersesongen.





Bilder: Installasjon av kuldemaskineri på Selje. Nederst vises lakerør med gjennomføring inn til fryseenhet.

Kvalitetsmåling

Under innledende tester i fase 1 og 2 er det utført generell kvalitetsvurdering av fryst fisk i forbindelse med forsøk. Det er utført gjentakende kokeprøver (mikrobølgeovn) med smakstesting.

I forbindelse med at NaCl kan påvirke oksidasjonsforløp i fisk, kjent fra litteratur, ble det høsten 2016 etablert et parallelt prosjekt under ledelse av Møreforskning og finansiering fra FHF. I prosjektet skal forløp for oksidasjon i lakefryst og tradisjonelt tunnefryst fisk analyseres og følges over en viss lagringstid. Det blir målt oksidasjon ved kjemisk analyse og sensorisk kvalitet med testpanel. Oktober 2016 ble det tatt ut fisk fra test-fryser (batch-tank) på Vigra. Kjølt fisk fra Pelagia Selje ble transportert i kar med isvann og fryst på Vigra. Møreforskning hadde gjentatte uttak med kjemiske og sensoriske analyser av fisken, med parallelle prøver av tunnefryst makrell i 20 kgs pakninger. Ved testfrysing av kontinuerlig fryser på Selje 1. februar 2018, ble det tatt ut ny fisk til samme prosjekt.

25. mai 2018 ble det arrangert en testproduksjon i Pelagia sin produksjonslinje for makrellfilet på Selje, med tining av makrell fra testproduksjon gjennomført vinteren 2018. Også her ble lakefryst og tunnefryst fisk tint, filetert og vurdert parallelt. Det ble gjennomført en kvalitetsvurdering av 60 hele fisk og 40 fileter av hver gruppe (lakefryst og tunnefryst). Dette arbeidet ble ledet av Møreforskning og gjennomført i samarbeid med Pelagia og UKAP/MMC FP. Det ble samtidig gjennomført smakstesting.

Måling av energiforbruk

Energiforbruket under innfrysing er kalkulert ved avlesing av effektbruk på frysekompressor og sirkulasjonspumpe. Det er samtidig registrert frysekvantum.



Bilde: Skjerm bilde, kuldeenhet.

Resultater

Lakefrysing generelt

Allerede ved de første forsøk og gjennom hele prosjektet ble det vist at lakefrysing er effektiv, energi-økonomisk frysemetode, og at sentralt mål om å opprettholde naturlig form oppnås. Fisken fremstår som naturlig blank i skinnet etter frysing. Makrell har en «væskepose» bak øyet. Denne blir væskefylt og hvit i fryst tilstand, i motsetning til det som er observert ved luftfryst fisk.



Bilde: Lakefryst makrell.

Saltlake

Resultatene fra innledende tester med frysing i lake av magnesiumklorid (MgCl_2) og kalsiumklorid (CaCl_2) viser at de termiske egenskapene til disse lakene med eutektisk temperatur på henholdsvis -33 °C (testet -30) og -51 °C (testet -35) gir rask innfrysing av produkt i tråd med den lave omgivelsestemperaturen. Disse saltene har imidlertid en svært bitter smak. Saltene er ikke allment brukt i næringsmiddelproduksjon, og tilgangen på næringsmiddelgodkjent salt av større volum er uklar. Det ble derfor konkludert med at dette ikke forfølges videre. Alt videre arbeid ble gjennomført med bruk av NaCl-lake. NaCl-lake fungerer bra innen den gitte begrensning i temperatur (-21 °C, i praksis -20 °C). Laken er stabil, og kan brukes over lang tid forutsatt at det ikke tilføres forurensning. Det ble oppnådd renere lake ved bruk av fint vakuumsalt enn ved bruk av grovt sjøsalt.

For **måling av saltinnhold** i lake ble det oppnådd mest riktige resultater med digitalt refraktometer. I og med at laken er stabil over tid og forutsatt at det tilføres vann, kan det benyttes stikkprøvemåling for å holde kontroll på lakekonsentrasjon.

Viskositeten i saltlake øker med redusert temperatur, men ikke mer enn at effektforbruket på sirkulasjonspumpe øker med ca 30 %. Dette er uproblematisk i forhold til den effektbruk her benyttet (se tabell under).

Tabell: Registrert effektbruk på sirkulasjonspumpe (kW) og lakesirkulasjon (m³/h) ved ulike laker og temperaturer.

NaCl 23,6 %	+6 °C	5,0 kW	198 m ³ /h
NaCl 23,6 %	-20 °C	7,0 kW	200 m ³ /h
MgCl ₂ 21,6 %	+8 °C	6,6 kW	200 m ³ /h
MgCl ₂ 21,6 %	-30 °C	8,7 kW	201 m ³ /h
CaCl ₂ 29,8 %	-35 °C	9,7 kW	200 m ³ /h

Faseovergang:

Det er viktig at laken har rett saltinnhold så nært eutektisk konsentrasjon som mulig. Som det fremgår av fasediagram for de ulike saltlaker, vil frysetemperatur øke ved både lavere og høyere konsentrasjon enn eutektisk konsentrasjon. Det ble også gjennomført testing med forhøyet saltkonsentrasjon (24,5 % NaCl) uten at det ble registrert tendens til faseovergang. Teoretisk skulle da laken ha en frysetemperatur på ca -15 °C, men frysing på -20 °C var ikke noe problem, hverken visuelt eller ved registrert motstand i sirkulasjonspumpe. Det ble samtidig registrert noe økt utfelling av salt fra laken.

Regelverk - Mattilsynet

Med utgangspunkt i Mattilsynets Forskrift om dypfryste næringsmidler, § 4, pkt 2 ble det holdt dialog og søkt om dispensasjon. Svar fra Mattilsynet (se tekstboks under) viser at det ikke er nødvendig med dispensasjon for frysing med NaCl-lake under gjeldende regelverk.

Svar fra Mattilsynet:

Viser til deres søknad om dispensasjon fra Forskrift om dybfrysede næringsmidler, § 4, pkt 2 «De eneste frysemediene som må komme i direkte kontrakt med næringsmidler, er luft, nitrogen og karbondioksid».

Viser også til telefonsamtaler der jeg har informert om våre undersøkelser så langt i saken.

For å utrede hjemmelskravet ytterligere har fagforum for sjømat foretatt en generell henvendelse til Mattilsynets hovedkontor, avdeling Sjømat – for å be dem om å undersøke forarbeidene til forskriften. Dvs utrede hva som er grunnlaget for at det er satt en begrensning til frysemedier. Vi har fått tilbakemelding som følger:

Forskriftens § 4 og bruken av ordet «frysemediene» samsvarer best med det bakenforliggende direktivet om begrensning i de tilfellene hvor en bruker gass til innfrysing. Forskriften begrenser således ikke adgangen til innfrysing i saltlake. Vi kan heller ikke se at animaliehygieneforordningen inneholder noe generelt forbud mot slik innfrysing.

På bakgrunn av ovenfor nevnte mener vi at det ikke er nødvendig for dere å søke om dispensasjon fra regelverket.

Vi kan på et generelt nivå informere om følgende.

Alle produsenter må beskrive og risikovurdere alle relevante prosessstrinn i deres internkontroll. Dette inkluderer også innfrysingen. Herunder bør en vurdere vannkvalitet, hvorvidt saltlaken og innfrysingen ivaretar kvaliteten på fiskevarene og om bruken av salt vil påvirke produktet og om det dermed er krav om deklarerer av salt.

Resultater fra emballeringstester

Emballering av på forhånd lakefrost fisk gir visuelt sett et finere produkt enn emballering av fisk før frysing. Vakuumering før frysing gir en viss uttrekking av væske/blodvann i pakningen. Dette gir en misfarging innvendig i pakning, noe som blir veldig synlig etter frysing. Singelfrost fisk for deretter vakuumering kan gi produkt med attraktivt utseende.



Bilder: Fisk emballert før (venstre) og etter (høyre) innfrysing.

Som et tilleggssforsøk ble det testet frysing av emballerte enheter på 10 og 20 kg. Det ble gjort for å avstemme om det var mulig med en direkte erstatning av dagens frysmetode og pakningsalternativer. Frysetiden påvirkes sterkt av pakningens tykkelse (se fryserater under). Vann i pakning så ikke ut til å påvirke frysetiden vesentlig. Erfaringene viser at lakefrysing først og fremst er aktuelt for løs fisk, enkeltvis, og eventuelt pakning/emballering av på forhånd fryst fisk.

Alle forsøk viser at det er frysing av uemballert, løs fisk som er mest egnet konsept for lakefrysing av råstoff til filetering. Emballering etter innfrysing kan gi et visuelt attraktivt produkt ved at form og overflate på fisken er naturlig. Singelfryst fisk tar større plass i emballasje enn først emballert og deretter fryst i kasse/blokk. I en standard 20 kg ble det pakket 13-14 kg singelfryst fisk. Det er ikke gjennomført systematisk langtidslagring av lakefryst fisk i prosjektet. For dette; se prosjekt hos Møreforskning.

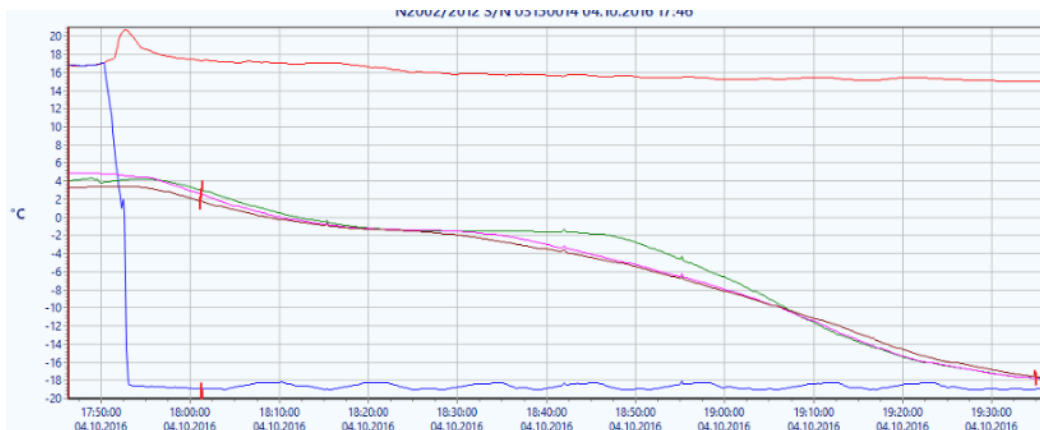


Bilder: 10 kg enhet uemballert fisk fryst ved overrissing, før og etter innfrysing.

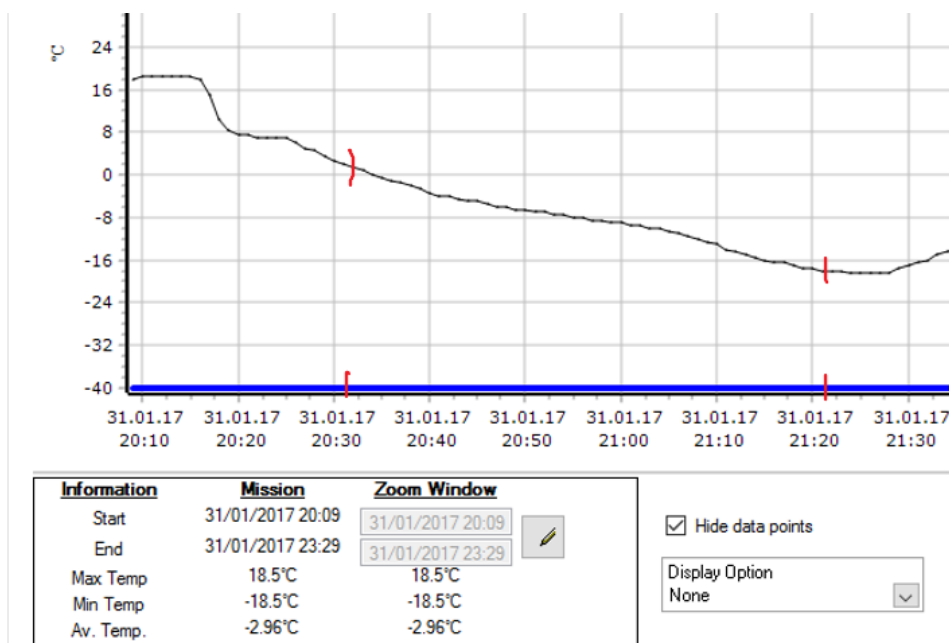
Frysetid

Singel makrell er vist å fryse til en kjernetemperatur på ca -18°C på ca 50-90 minutter avhengig av fiskestørrelse, ved bruk av NaCl-lake med $-19,5-20^{\circ}\text{C}$.

Fiskestørrelse (tykkelse) på fisken har avgjørende betydning for frysetiden. Det er vist en **frysrate på singel fisk (makrell) på 2,5-4,6 minutter/ $^{\circ}\text{C}$** .



Figur: Typisk frysekurve for makrell. Fra innledende forsøk med laketemperatur $-18,5^{\circ}\text{C}$ og fiskestørrelse 580 gr.



Figur: Frysekurve for makrell 3-400 gr, laketemperatur -20 °C.

Tabell: Måling av lengde, bredde og høyde på makrell av ulike størrelser.

Måling av fisk (mm)	Makrell	Makrell	Makrell	Makrell
01.02.2017	900g+	ca700g	ca600g+	ca300g+
Lengde (fra snute til spord):	430	420	410	330
Bredde (tverrsnitt):	65	55	50	45
Høyde (fra buk til rygg):	90	75	75	60

Testproduksjon, Pelagia Selje

Vedvarende frysing over flere dager viser ingen forandring av lakekonsentrasjon (målt 24,4-24,7 % over flere dager med produksjon). Det vil si at det ikke bringes nevneverdig vann med fisken, og at utvanning av lake ikke er noe problem. Det ble her altså blandet mer konsentrert lake enn eutektisk konsentrasjon (23,6 %), men dette gav seg ikke utslag i faseovergang til is i laken, selv ved -20 °C.

Målte 24,5 % på Hanna saltmåler. Måler samtidig 22 % på Endress+Hausser konduktivitetsmåler på rørledning (kan trolig kalibreres bedre).

Laketemperaturen ble målt lik i begge ender av tanken. Dette indikerer at sirkulasjonsmønster i tanken er godt.

Antall fisk pr innmating ligger på 11-17 fisk/takt. Mengde fisk pr innmatingstakt måtte innledningsvis justeres. Samtidig viste det seg at det var nødvendig å lage større rom i den første del av transportsonen i tanken. Dette viste seg ved gjentatt opphopning av fisk med påfølgende slitasjeskader på skinn. Etter modifisering og bedre styring av innmatingstakt og fiskemengde, fungerte fryseren etter intensjonen. Fisken fremstår som rett og fin i formen. Fisken var i gjennomsnitt ca 400 gr.

Produsjonskapasitet

Produksjonsmengde var fra ca 450 til over 700 kg fisk/time. Det ble i perioder testet enda høyere produksjonstakt, men det ble da erfart opphopning i transportsystemet i frysetanken med påfølgende økt slitasje på fisk.

Produksjonskvantum bestemmes av mengde fisk pr innmatingstakt og takt/syklustid. Takt bestemmes av justerbare parametere på display/styringssystem; løpehastighet og holdetider for stempel i øvre og nedre posisjon, og gjennomløpstid gjennom lakebad. En beregning av transportsystemets kontaktflate gir indikasjon på optimal mengde; $1300 \text{ fisk} \times 0,4 \text{ kg} / (55/60) \text{ minutter} = 567 \text{ kg/time}$.

Ved stabil produksjon ble det målt gjennomløpstid på 55 minutter. Kjernetemperatur i fisk ble da målt til -14,7 til -17,8 °C (laketemperatur -19,5 °C). Starttemperatur på fisken var ca 3-4 °C (varierte fra 0,6 til 4,7 °C).

Glaseringsbad med taktvis fylling og tømning fungerte godt og gir en jevn glaserings av fisken. Det gir samtidig skylling av fisk for skum fra lakebadet, og glaseringsvannet skiftes derfor kontinuerlig.

Etter glaserings sklires fisken over i renne og ned i 1000 l kar kledd innvendig med plastsekk. Karet er plassert på golv, og fall fra renne og ned i karet gir fisken så stor hastighet at det ble registrert noen merker/skader i skinnen på fisk når snuten fra en fisk treffer en annen.

Når karet er fullt brettes plastsekken over og det legges et plastark på toppen. For relativt kort tids lagring vil dette trolig være tilstrekkelig emballering. En mer gasstett emballering bør vurderes for lengre tids lagring. Som alternativ til plastkar kan pallekontainer i papp (+ plastsekk) være et alternativ. Stablestyrke på fryselager blir da svakere, og en slik løsning er nok relevant kun for fryselager med reoler.

Energiforbruk

Under jevn produksjon ble det avlest følgende energiforbruk over tid:

27 kW (kompressor) + 5 kW (sirkulasjonspumpe) + fryseenhet <1 kW = 33 kW

Dette gir et **energiforbruk på 0,054 kWh/kg** fisk (567 kg/time, 55 minutter).

Kuldeenheten belastes da med under 1/3 av kapasitet. Temperaturdifferansen mellom utgående og inngående lake på kuldeenheten er kun 0,2 °C (-19,5 mot -19,3 °C). Dette indikerer trolig at en større produksjonsmengde ville gitt enda lavere energiforbruk pr produsert mengde fisk.

Frysing med lake og fordampertemperatur på -20 °C gir en COP (coefficient of performance) på frysemaskin som er langt høyere enn en fordampertemperatur på f.eks. -38 °C ved luftfrysing.

Sammenligning med data oppsummert av SINTEF Ocean (2017): Energiforbruk ved tunnelfrysing av pelagisk fisk i flere norske produksjonsanlegg (emballert vare) er her rapportert å ligge mellom 106 og 174 kWh/tonn (0,106 – 0,174 kWh/kg).



Bilde: Skjerm bilde på styringsskap.



Bilder: Innmating til kontinuerlig fryser.



Bilde: Kontinuerlig fryser installert på Selje.

Glasering

Fisk lar seg glasere etter lakefrysing. Temperaturen i overflaten av fisken er ikke lavere enn $-18/20^{\circ}\text{C}$ noe som begrenser mengde glasur/is.



Bilder: Glasert fisk rett ut av fryser (venstre) og glasert fisk etter «herding» (høyre).



Bilde: Glasert fisk etter ett døgn på fryselager.



Bilde: U-glasert fisk etter ett døgn på fryselager.

Visuell kvalitet på fisken

Under visuell/sensorisk kvalitetsvurdering med tining og filetering, og sammenligning med tunnelfryst fisk, ble det erfart at lakefryst fisk fremstår som visuelt bedre, både som hel tint fisk, og som filet. Fisk og filet har tendens til bedre konsistens og mindre spalting (se notat/rapport fra **Møreforskning som vedlegg**, og bilder).

Erfaringene fra filetproduksjonen var ellers at lakefryst fisk, på grunn av mindre deformasjon, gav en mer smidig og jevn produksjon. Det antas at stabil fisk uten deformasjon kan påvirke utbytte positivt ved filetering og reinskjæring.



Bilde: Fra kvalitetsvurdering; eksempel fra lakefryst og tint fisk



Bilde: Fra kvalitetsvurdering; eksempel fra tunnelfryst og tint fisk.



Bilde: Fra kvalitetsvurdering; eksempel på filet fra lakefryst fisk. Fargeforskjeller skyldes fotolys.



Bilde: Fra kvalitetsvurdering; eksempel på filet fra tunnelfryst fisk. Fargeforskjeller skyldes fotolys.

Saltinnhold

Måling av saltinnhold i hel lakefryst makrell er utført av Møreforsking, og viser at saltinnholdet har økt fra 0,18 % før frysing til 0,36 % etter frysing. Prøver fra makrellfilet tatt av Pelagia viser at fileten av lakefryst har 0,18 % høyere saltinnhold enn fileten av tunnelfryst råstoff, altså samme forskjell som over. Dette nivå og denne forskjell ansees ikke som problematisk. Sensorisk analyse hos Møreforsking (smakspanel) har ikke påvist signifikant forskjell i saltsmak mellom lakefryst og tunnelfryst makrell.

Tabell: Saltinnhold. Fra Møreforsking høsten 2016.

Prøve	Behandling	Lagringstid (mnd)	Prøvetaking	Vanninnhold (g/100g)	Askeinnhold (g/100g)	Saltinnhold (g/100g)
0	Fersk - isslurry	0	25.10.2016	57,1	1,4	0,18
1-N	Normalfryst	1	16.11.2016	56,2	1,8	0,14
1-L	Lakefryst	1	16.11.2016	57,7	1,4	0,36

Tabell: Saltinnhold. Fra Mat-Miljølaboratoriet AS, prøver tatt av Pelagia 29.5.2018.

18/1319-1	Fish,raw Mackerel filet	Sample selected: 29/05/18 Lake fryst			
Analysis	Method	Ref	Results	Unit	
Salt (NaCl)	Internal method		0.64	%	

18/1318-1	Fish,raw Mackerel filet	Sample selected: 29/05/18 Tunell fryst			
Analysis	Method	Ref	Results	Unit	
Salt (NaCl)	Internal method		0.46	%	

Oksidasjon

I Møreforskings parallelle prosjekt for analyse av oksidasjonsutvikling for lakefryst makrell vs tunnelfryst er det påvist høyere analyseverdier for lakefryst enn for tunnelfryst fisk (uttak oktober 2016). Det er spesielt TBARS-verdier som er høyere. Nye prøver ble tatt av fisk fryst i februar-18, og også her var 0-verdiene forhøyet. Det er ikke påvist signifikante forskjeller i sensorisk analyse, og fisken er vurdert som av akseptabel kvalitet etter 11 måneders lagring. Det ble tatt ut fisk februar 2018 for videre lagring og analyse. Det henvises til resultater fra dette prosjektet.


MØREFORSKING

Lakefryst makrell, oksidasjon- sensorisk aksept

Til tross for høye oksidasjonsverdier som tidligere har nedklassifisert makrell ?? Kva type produkt? vare (Bjørkevoll, I., et al. 2002).

Var fileten av 3 og 6 mnd gammel fileten vurdert til å være akseptabel for konsum



www.smaksmøreforsking.no
Tommel opp


MØREFORSKING

Oppsummering

- Signifikant høyere grad av harskning på lakefryst råstoff (rund makrell)
- Årsak
 - Kan det være en effekt av saltet under innfrysing?
 - Dårlig iset råstoff ble sendt til MMC. Temperatur var likevel aldri over 0°C og TBARS verdi på 0-uttak var lav.
- Signifikant høyere oksidasjon på fileten fra lakefryst råstoff enn fileten fra tradisjonelt fryst råstoff (tall fra FHF prosjekt 901199)
- 11 mnd etter fangstdato og 6 mnd. etter filetering er både smak og grad av guling innenfor akseptabel kvalitet for fileten fra lakefryst råstoff

Bilder: Fra presentasjon, Møreforsking 2017.

Diskusjon/Konklusjon

Lakefrysing ser ut til å gi egnet råstoff for videre tining og filetproduksjon. Usikkerhet er først og fremst knyttet til oksidasjon i fisken ved målte forhøyede TBARS-verdier. Imidlertid er ikke forhøyede analyseverdier gjenspeilet i dårligere smak ved sensorisk analyse i sammenligning med tradisjonelt fryst råstoff.

Det er vist at stabil fisk uten deformasjon kan gi mer effektiv filetproduksjon.

Det er vist at lakefrysing er energieffektiv frysemetode. Resultatene indikerer at energiforbruket ved lakefrysing kan være 50 % av energiforbruk ved tunnelfrysing av emballert fisk (Ref. SINTEF Ocean 2017).

Singelfrysing av fisk i lake, for deretter emballering i f.eks. vakuumpakning er et produktkonsept som fremstår som interessant og bør følges opp videre.

Målsettingen med prosjektet ansees som oppfylt. Bortsett fra den usikkerhet som ennå ligger rundt oksidasjonsforløp ved langtids lagring av fisken, viser prosjektet gode og lovende resultater.

Det er ønskelig å oppnå økt produksjonskapasitet ut over det nivå enheten som er utviklet og testet i prosjektet presterer. Det er grunnlag for videre utvikling av teknologi og utstyr med større kapasitet. Dette bør inkludere vurdering av fiske-flyten gjennom systemet, og hvor fokus på kapasitet og arealeffektivitet videreføres. Styringsgruppen og FHF bør vurdere videreføring av prosjektet med utvikling av system for høykapasitets frysing.



Bilde: Lakefryst makrell.

Forslag til videre arbeid:

- Styringsgruppen og FHF bør vurdere videreføring av prosjektet med utvikling av høykapasitets system for lakefrysing.
- Finne bedre emballeringsmetode med mer gasstett forsegling

Referanser:

Aubourg S.P. og Gallardo J.M. 2005. EFFECT OF BRINE FREEZING ON THE RANCIDITY DEVELOPMENT DURING THE FROZEN STORAGE OF SMALL PELAGIC FISH SPECIES. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Vigo, Spain.

FHWA. Manual of Practice for an Effective Anti-icing Program. A Guide for Highway Winter maintenance Personnel. Prepared for the Federal Highway Administration by US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Corps of Engineers. Hanover, New Hampshire.1996

Minh Van Nguyen, Sigurjón Arason, Hrönn Ólína Jörundsdóttir, 2012. SafeSalt: Quality control of bacalao salt. Skýrsla Matís 30-12 September 2012.

G. Lorentzen 1958. LUFTFRYSING AV SILD. FISKERIDIREKTORATETS SKRIFTER Vol. III No. 9. 1958.

Olaf Karsti og Heine Blokhus 1967. Dobbelfrysing av sei. FISKERIDIREKTORATETS KJEMISK-TEKNISKE FORSKNINGSINSTITUTT

SINTEF Ocean, Oppsummering av **Kristina Widell 2017:** Ref til prosjekt Energy Fish TR A6782 (2009), Rapport TRA7422 Nøkkeltall for kuldeanlegg i pelagisk industri (2014) og Rapport ENØK i kuldeanlegget (2006).

Terje Finstad 2011. Varme visjoner og frosne fremskritt. Om fryseteknologi i Norge, ca. 1920 – 1965 Avhandling for graden philosophiae doctor Trondheim, NTNU 2011.

Vaa, T. og Sakshaug, K. 2007. Salting av veier. En kunnskapsoversikt. Rapport Sintef Teknologi og samfunn STF50 A 1685. 2007.

Vedlegg: Notat; Sensorisk vurdering av lakefryst makrell, Møreforskning

Notat

Sensorisk vurdering av lakefryst makrell



Møreforsking Ålesund AS
Wenche Emblem Larssen
Margareth Kjerstad
Trygg Barnung
07.06.2018

Bakgrunn for prosjektet

Pelagisk konsumindustri ønsker mulighet for økt bearbeiding gjennom store deler av året basert på råstoff som fangstes i avgrenset sesong. For å oppnå dette, må fiskeråstoff fryses inn i fangstsesongen, og deretter tines og videreføres gjennom resten av året. Når en fileterer makrellen blir filetene mer utsatt for harskning enn rund fisk (Aubourg et al. 2005). For å unngå dette er det ønskelig at fiskeråstoff fryses inn i fangstsesongen, og deretter tines og videreføres gjennom resten av året.

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

Havyard MMC har utviklet en ny lakefrysingsteknologi for makrell som er under uttesting hos Pelagia. Denne metoden er basert på hurtig innfrysing i underkjølt lake til en kjernetemperatur på -18°C og medfører at fisken fryses inn i sin opprinnelige form. Dermed blir det lettere å oppnå et optimalt utseende på filetene etter maskinell filetering.

Det er viktig å kartlegge kvaliteten til fiskeråstoffet som ble prosessert med lakefrysingsteknologi sammenlignet med tradisjonell innfrysning. På grunn av den mye raskere innfrysning med lakefrysingsteknologien håper man at tint produkt skal ligne mer på ferskt produkt.

Målsetning

Kvalitetsforskjeller mellom lakefrosne og tradisjonelt frosne makrell skal kartlegges ved sensorisk vurdering.

Gjennomføring og resultat

I mai 2018 (tre måneder etter innfrysning) ble runde lakefryst makrell og runde tradisjonelt fryst makrell tint og filetert på Pelagia sin pilotlinje på Selje.

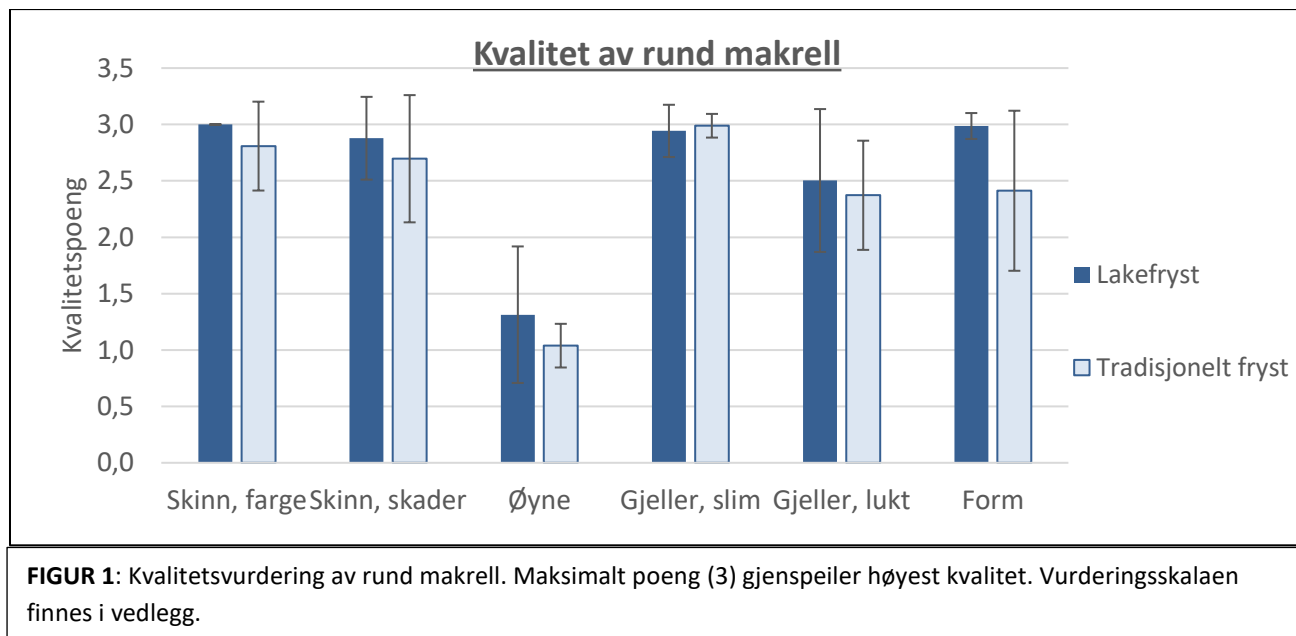
Tiningen ble gjort ved å tilsette sjøvann til 700 l kar med 250 makrell. Temperaturen i den runde makrellen steg raskt og er rundt $-3,0^{\circ}\text{C}$ etter 1 times tining. Mettet saltlake med temperatur på $-16,2^{\circ}\text{C}$ ble brukt til å justere temperaturen i blandingen sjøvann/saltlake til $-3,0$ til $-3,5^{\circ}\text{C}$. Den runde makrellen ble oppbevart ved denne temperaturen til filetering. Blandingens sjøvann/saltlake hadde 14,5g/l salt for tradisjonelt fryst makrell og 11,9g/l for lakefrosset makrell.

Rund makrell tint til $-3,0$ til $-2,5^{\circ}\text{C}$ ble plassert på is for videre tining før kvalitetsvurderingen. Rund makrell tint til $-3,0$ til $-2,5^{\circ}\text{C}$ ble filetert med japankutt på en Toyo-filetmaskin. Filetene ble rensset og skylt for blod og innvollsrester før kvalitetsvurdering.

De sensoriske vurderingene ble bedømt gjort av fire personer fra Møreforskning, en person UKAP og personell fra Pelagia. Det ble gjennomført sensorisk vurdering av 60 runde makrell og 40 makrellfileter fra hver gruppe for å kartlegge eventuelle kvalitetsforskjeller som resultat av innfrysningsteknologiene. Hvert kriterium ble bedømt med kvalitetspoeng, hvorav mest poeng tilsvarer høyest kvalitet. Kravet for at vurderingene ble inkludert i analysen var en standardavvik mindre enn 1 mellom dommerne.

Resultat rund makrell

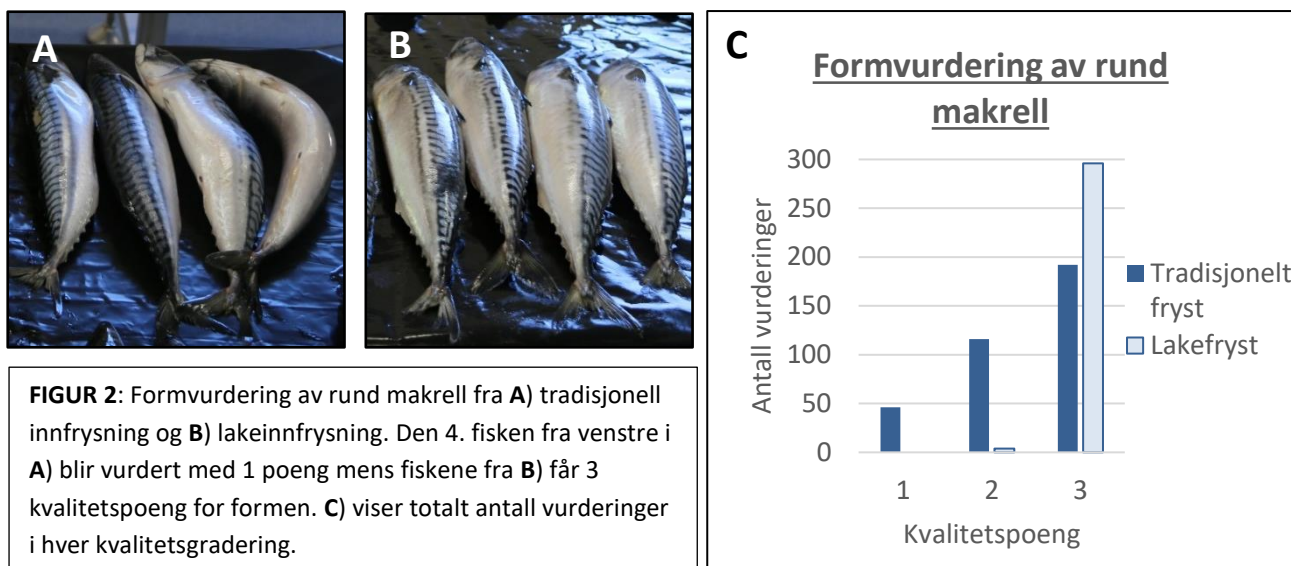
Rund makrell ble bedømt i henhold til farge og skader på skinn, øyne, slim og lukt til gjellene og fiskens form. Total ble 300 vurderinger (5 dommere, 60 makrell) gitt for lakefrosne makrell og 360 vurderinger (6 dommere, 60 makrell) for tradisjonelt frosne makrell. Skadevurderingene til en lakefrosset makrell og formvurderingene til en tradisjonelt frosset makrell ble tatt ut av analysen på grunn av stor varians mellom dommerne.



Tabell 1. Tekstforklaring til kvalitetsvurdering av rund makrell

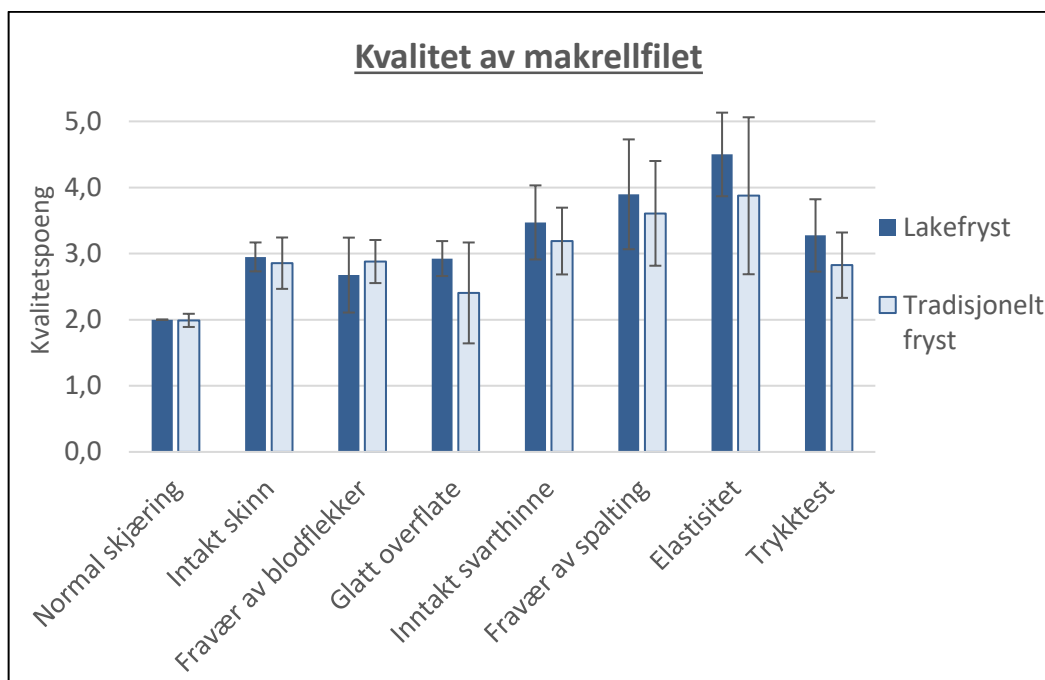
	Lakefryst	Tradisjonelt fryst
Skinn, farge	Full friskhet	Full friskhet
Skinn, skader	Uten skader	Uten skader
Øyne	Konkave, innsunkne	Konkave, innsunkne
Gjeller, slim	Gjennomsiktig	Gjennomsiktig
Gjeller lukt	Oljelignende, litt harsk	Oljelignende, litt harsk
Form	Uten bøyning	Svak bøyning

Generelt gir både lakeinnfrysningsteknologien og tradisjonell innfrysing lignende og 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 alle fisker hadde konkave til innsunkne øyer. I tillegg har den lakefrysede makrellen et tydelig hvitt væskefylt område bak øynene. I vurderingen av form på rund makrell var det et påfallende fravær av bøyd fisker i den lakefrosne gruppen (4 vurderinger som «2-svak bøyd», 296 vurderinger «3-uten bøyning») sammenlignet med tradisjonelt fryst makrell (46 gang «1-svært bøyd», 116 gang «2-svak bøyd», 192 gang «3-uten bøyning»).



Resultat makrellfilet

Filetene ble vurdert i henhold til normal skjæring, skader på skinn, farge (blodflekker) og tekstur i muskeloverflaten, intakt svarthinne, spalting, elastisitet og trykkmotstand. Total ble 160 vurderinger (4 dommere, 40 filet) gitt for lakefrosne makrell og 200 vurderinger (5 dommere, 40 filet) for tradisjonelt frosne makrell. På grunn av stor varians mellom enkelvurderinger ble følgende vurderinger av lakefrosne makrell tatt ut av analysen: spalting (1 filet + 1 vurdering), svarthinne (1 vurdering). Fra vurdering av tradisjonelt fryst ble følgende faktorer ikke tatt med i analysen, da dette ville påvirket sluttresultatet vesentlig: spalting (6 fileter+ 3 vurderinger), skader (2 fileter), overflate muskel (1 filet). Elastisitet og trykkmotstand ble vurdert av bare en person på grunn av at testene kan gi forandringer i fileten.



FIGUR 3: Kvalitetsvurdering av makrellfilet. Maksimalt poeng (5) gjenspeiler høyest kvalitet. Vurderingsskalaen finnes i vedlegg.

Tabell 2. Tekstforklaring til kvalitetsvurdering av makrellfilet.

	Lakefryst	Tradisjonelt fryst
Form	Normal skjæring	Normal skjæring
Skader på skinn	Uten skader	Uten skader
Blodflekker	Noen få, små flekker	Noen få, små flekker
Overflate muskel	Glatt	Glatt til kornet
Svarthinne	50% intakt til hel	50%-90% intakt
Spalting	Få spalter <5	Få til noe spalting (opptil 10)
Elastisitet	Retter seg ut (raskt igjen)	Retter seg ut
Trykktest	Redusert fasthet	Redusert fasthet

Generelt viser filetene fra både lakeinnfrysningsteknologien og tradisjonell innfrysing lignende kvalitet. Kvaliteten til filetene av lakefryst makrell har en tendens til å ligge litt høyere i kvalitetsskår enn tradisjonelt fryst makrell. I begge gruppene ble det påfallende mange feil ved nakkekuttet detektert (i gjennomsnitt ved 27,7 av 40 fileter fra lakefryst makrell og ved 26,4 fileter fra tradisjonelt fryst makrell).

Sensorisk test av kokt makrellfilet

Biter av makrellfilet fra ble varmebehandlet i mikrobølge ovn og forskjellen i utseende, smak og tekstur ble vurdert med en trekant test. Testen ble gjort i to runder og det var tilsammen seks dommere fra Møreforskning, UKAP og Pelagia.

Det ble ikke registrert forskjell mellom smaksprøver av filetene fra lakefryst og tradisjonelt fryst makrell.

Konklusjon

Den tydeligste forskjellen i kvalitet mellom de to innfrysningsteknologiene på tint rund makrell er at lakefryst rund makrell har nesten fravær av svak eller sterkt bøyd fisk (bananfisk). Generelt gir lakeinnfrysning litt bedre sensorisk vurdering av rå rund makrell og rå filet enn vanlig tradisjonell innfrysning. Sensorisk vurdering av kokt makrellfilet gav ingen forskjell mellom innfrysningsteknologiene.

Vedlegg

Vurderingsskala rund makrell

Skinn

3 – Full friskhet, blank, klart, skinnende fargespill

2 – Tydelig matthet, blasshet og tap av friskhet

1 – Matt, blass og ingen friskhet

Øyne

3 – Konvekse

2 – Svakt konkave

1 – Konkave, innsunkne

Gjeller, slim

3 – Gjennomsiktig, vannklar

2 – Melkevit/brunlig

1 – Brunlig

Gjeller, lukt

3 – Sjøfrisk, tanglignende

2 – Tydelig oljelignende, antydning til svak H₂S, harsk olje

1 – Tydelig H₂S, harsk olje, aminer, sur.

Form

3 – Fisk uten bøyning

2 – Svak bøyning

1 – Kraftig bøyning (bananfisk)

Skader på skinn

3 – Uten skader

2 – Små flekker med skadet/ avrevet skinn

1 – Tydelig områder med skadet skinn

Vurderingsskala makrellfilet

Form

2 – Normal skjæring

1 – Avvikende skjæring

Skader på skinn

3 – Uten skader

2 – Små flekker med skadet/ avrevet skinn

1 – Tydelig områder med skadet skinn

Farge/blodflekker muskeloverflate

3 – Ingen blodflekker

2 – Noen få, små flekker (<5)

1 – Store blodflekker eller mange små (>5)

Svarthinne

4 – Hel

3 – 50%-90% intakt

2 – Mellom 25% - 50% intakt

1 – Mindre enn 25% intakt

Spalting

5 – Ingen spalting

4 – Få spalter <5

3 – Noe spalting (5-10 stk på tvers)

2 – Mange spalter >10 små eller mange store

1 – Ekstrem filetspalting (fileten faller fra hverandre)

Elastisitet

5 – Retter seg ut igjen raskt

4 – Retter seg ut

3 – Retter seg langsomt ut

2 – Prøver å rette seg ut

1 – Blir liggende sammenbrettet

Trykktest

5 – Fast filet, merket etter fingeren forsvinner raskt

4 – Ubetydelig redusert fasthet

3 – Redusert fasthet, fingeren setter et varig merke

2 – Betydelig redusert fasthet

1 – Bløt filet, fingeren trenger gjennom hele fileten