



**MØREFORSKING**

MØREFORSKING AS  
Postboks 5075  
6021 Ålesund  
TEL +47 70 11 16 00  
www.moreforsk.no  
NO 991 436 502

---

**RAPPORT NR. MA 18-06** | Wenche E.  
Larssen, Trygg Barnung, Marianne R.  
Kjøde, Turid S. Fylling, Audny Hellebø,  
Ingebrigt Bjørkevoll og Margareth Kjerstad

---

# **PELAGISK LØFT - OKSIDASJON I FRYSELAGRET JAPANKUTTET MAKRELLFILET**

Sluttrapport 2018



---

<b>TITTEL</b>	Pelagisk løft - Oksidasjon i fryselagret japankuttet makrellfilet
<b>FORFATTERE</b>	Wenche E. Larssen, Trygg Barnung, Marianne R. Kjøde, Turid S. Fylling, Audny Hellebø, Ingebrigt Bjørkevoll og Margareth Kjerstad
<b>PROSJEKTLEDER</b>	Wenche Emblem Larssen
<b>RAPPORT NR.</b>	MA 18-06
<b>SIDER</b>	34
<b>PROSJEKTNUMMER</b>	54856
<b>PROSJEKTTITTEL</b>	Kartlegging av oksidasjon i makrellfilet under fryselagring.
<b>OPPDRAGSGIVER</b>	Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF)
<b>ANSVARLIG UTGIVER</b>	Møreforskning
<b>ISSN</b>	<b>0804-5380</b>
<b>DISTRIBUSJON</b>	Åpen
<b>NØKKEWORD</b>	Makrell, oksidasjon, sensorikk, kvalitet, filet

---

## **SAMMENDRAG**

Pelagisk konsumindustri ønsker å øke foredlingsgraden ved å fryselagre rund makrell i fangstsesongen for deretter tine og videreforedle makrellen gjennom resten av året. Filetene er mer utsatt for harskning enn rund fisk. Dette skyldes fiskekjøttets eksponering mot oksygen og lys. Blodrester som blir eksponert i fileten vil øke oksidasjonen. Det gjør at makrellfilet får redusert holdbarhet under fryselagring sammenlignet med rundfrosset makrell. Hovedfokus i prosjektet har derfor vært å undersøke hvordan oksidasjonsutviklingen i makrellfilet produsert av fryst råstoff påvirkes av lagringstid, emballering, bruk av antioksidant og alderen på rund frosset makrell.

Holdbarheten har blitt evaluert mht. kjemiske og sensoriske kvalitetsparameter. Resultatene viser at bruk av antioksidant (rosmarin) gir signifikant bedre holdbarhet målt i TBARS og frie fettsyrer, på fryselagret filet, 12 og 15 mnd. etter filetering. En ser også at produsert filet, uavhengig av forbehandling, var mye spaltet og hadde synlig økt gulfarge etter 18 mnd. lagring. Mht. spisekvalitet ble filet som var vakuumpakket eller tilsatt rosmarin fremdeles ansett som egnet for konsum etter 18 mnd. fryselagring mens naturell filet pakket i kartong ble evaluert som uegnet til konsum.

## SUMMARY

The pelagic consumption industry wants to increase their processing degree by freezing round mackerel during the catch season and later thaw the fish for further fileting. The fillets are more vulnerable to oxidation than the whole fish. This is because the fish meat in a fillet is more exposed to oxygen and light. The focus in this project has therefore been to examine oxidation developments in mackerel filet produced by frozen raw material. And how the quality is affected by storage time, packaging and use of antioxidant.

The oxidation development has been monitored by chemical and sensory quality parameters. The results show that the use of antioxidant (rosemary) produces significantly better durability, measured in TBARS and free fatty acids, 12 and 15 months after filleting. Measured yellow color also increases during the storage time for all the products. Fillets that were vacuum wrapped or added with rosemary was still considered suitable for consumption after 18 months while natural fillets packed in cardboard was evaluated as unsuitable for consumption.

---

© 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 eksemplar 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 «Kartlegging av oksidasjon i makrellfilet under fryselagring» er et prosjekt i Pelagisk løft som har som målsetting å øke bearbeiding av makrell i Norge. Prosjektet er finansiert av Fiskeri og Havbruksnæringens forskningsfond (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 og Helge Blålid/Alexander Krokedal Rønnevik (Pelagia AS), Kjetil Peder Sperre (Brødrene Sperre AS), Ole Andre Nilsen (Grøntvedt Pelagic AS) og Tommy Torvanger (Nergård AS). Styringsgruppen har vært engasjert og bistått med gode innspill og anbefalinger i løpet av prosjektperioden. Takk til alle!

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 31.03.18



Wenche Emblem Larssen

Prosjektleder



---

## INNHOOLD

---

1. Innledning .....	8
Mål .....	9
2. Material og metode .....	10
2.1 Råstoff og produksjon .....	10
2.2 Kjemiske analyser av oksidasjonsutvikling .....	13
2.3. Sensorisk vurdering av råstoff.....	14
2.4 Sensorisk kvalitet på varmebehandlet råstoff .....	18
2.5 Statistisk analyse .....	19
3. Resultat .....	20
3.1 Kjemiske analyser av oksidasjonsparametere .....	20
3.2    Sensorisk vurdering av råstoff .....	22
3.3    Sensorisk kvalitet på varmebehandlet filet .....	26
4. Diskusjon.....	27
5. Konklusjon .....	30
6. Referanser.....	31
7. Vedlegg .....	34

---

## 1. INNLEDNING

---

Bare 2-4 prosent 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. Dette krever at det må utvikles nye teknologiske løsninger som gjør volumøkningen mulig. Utfordringene er mange og finnes langs hele verdikjeden, fra mottak av makrell fra fiskebåt til realisering av nye markedsmuligheter. Pelagiske bedrifter har i samarbeid med FHF, etablert en pilotlinje for filetering av makrell hos Pelagia på Selje.

I satsingen Pelagisk løft har en målsetting om å øke foredlingsgraden på rund makrell. Det er også en målsetting å etablere en helårlig produksjon av makrellfilet. For å oppnå disse målsetningene må den pelagisk konsumindustri etablere nye produksjonsprosedyrer ved å kjøpe makrell under fangstsesongen og filetere tint rund makrell gjennom resten av året. Under fryselagring av fisk med høyt fettinnhold blir fett oksidert over tid, noe som medfører at fisken får en uakseptabel harsk lukt og smak og blir uegnet til konsum. Når makrell fileteres blir filetene mer utsatt for harskning enn tilfellet er for rund fisk (Aubourg m.fl. 2005). Dette skyldes fiskekjøttets eksponering mot oksygen og lys. Eksponerte blodrester i fileten vil øke oksidasjonen (Richards m.fl. 1998). Dette gjør at makrellfilet får redusert holdbarhet under fryselagring sammenlignet med rundfrosset makrell.

Kjemisk karakterisering av makrell (Falch m.fl. 2006. , Remme og Wold 2007) viser at kjemisk sammensetning varierer gjennom året og består av 17-35 % fett, 52-61 % vann og 14-20 % protein. Fettsyresammensetning og harskningsutvikling (oksidasjon) ved fryselagring er undersøkt av Aubourg m.fl. (2005), men sammenheng mellom råstoff og fileten produsert av fryst råvare har ikke vært undersøkt tidligere. Det er behov for nærmere gjennomgang av hva som skjer under fryselagring av fileter med et høyt innhold av lipider som makrell. Oksidasjon kan påvirke smaken, derfor er kjemiske og sensoriske analysemetoder viktig for vurdering av råstoff og sluttprodukt.

Kjemiske kvalitetsparametere som benyttes på pelagisk råstoff er peroksidtall (PV), TBARS og frie fettsyrer (FFA). Oksidering av fett i makrellfilet under fryselagring følger normal utvikling av oksidasjonsparametere i marine oljer som lagres. Peroksidtallet er et mål på den primære (første) oksidasjonsparameterne og vil øke i første del av oksidasjonsprosessen. Lenger ut i oksidasjonsprosessen overtar flere sekundære oksidasjonsparameter og da vil peroksidtallet synke. TBARS, som kan sammenlignes med aldehydverdien er en samlebetegnelse for flere sekundære oksidasjonsparameter. TBARS-verdien vil starte å stige når peroksidverdien synker. Når oksidasjon har kommet svært langt vil også TBARS-verdien avta. Verdien for frie fettsyre øker jevnt gjennom lagringsperioden (Ackman 2005) (se vedlegg 1).



Korrekt temperatur på tint rund makrell (før filetering) er viktig for utseendet og kvaliteten på makrellfilete. Forsøk gjennomført av Sone m.fl. (2017) viser at fileteringen gir best resultat når fisken har en kjernetemperatur mellom -2,0 og 1,7°C. Dette krever en tinemetode med bruk av saltlake, for å unngå overtining. Effekten av salt på fiskemuskel avhenger av saltkonsentrasjonen og løselighets-effekten den har på myofibrillproteinene i muskelfibrene. Ved forsøling gjennom ilegging i lake, sveller fiskemuskel avhengig av lakestyrken. Ved svelling av fiskemuskel skjer det en frastøting mellom muskelfilamentene som fører til muskelsvelling og høyere vannbindingsevne i muskelen (Hellevik 2014). Salt inneholder også små mengder mineraler og metaller som kan virke som katalysatorer for oksidasjonsprosessen av umettede fettsyrer (Lauritzsen 2004). Dersom en har svelling av muskelfiber kan det være sannsynlig at disse metallene har fått lettere tilgang på fettsyrer, som gir høyere oksideringshastighet.

Fileteringsprosessen påvirker oksidasjonen. Når en fileterer makrell blir filetene mer utsatt for harskning enn rund makrell. Dette skyldes fiskekjøttets eksponering mot oksygen og lys. Det er også fare for at en får blodrester i overflaten på fileten. Blodet inneholder både hem- og ikke-hem jern, som katalyserer oksidasjon (Lauritzsen 2004). Enzymet lipoxygenase oksiderer også fettsyrer, dette enzymet finner en spesielt i gjeller og skinn på fisk (Lauritzsen 2004). Dette gjør at makrellfilet får redusert holdbarhet under frysing sammenlignet med rundfrosset makrell.

For å minimere oksidasjonsutfordringene er det viktig å utvikle prosessløsninger som gjør at singelfryst makrellfilet får tilnærmet like god holdbarhet som rundfryst makrell. Oksideringen kan reduseres ved å redusere filetenes eksponering for oksygen og/eller tilsetning av hjelpestoffer som bremser oksidasjonsprosessen. Japankuttet filet (filet med buk og bukhinne intakt) er den mest ettertraktede filetypen for makrell i Asia. I dag etterspør kunder i markedet dokumentasjon av oksidasjonsstatus i japankuttet makrellfilet.

## MÅL

Hovedfokus i prosjektet er hvordan oksidasjonsutviklingen i makrellfilet produsert av fryst råstoff påvirkes av lagringstid, emballering, bruk av antioksidant og alderen på rund frosset makrell.

Basert på dette er det utformet tre resultatmål

1. Dokumentere forskjeller i oksidasjonsgrad i frysing japankuttet makrellfilet, pakket i pappkartong og i vakuumbet forpakning.
2. Dokumentere effekten av godkjent antioksidant brukt på frosset filet, produsert av rundfrosset makrellprodukt pakket i pappkartong.
3. Dokumentere hvilken effekt langtidslagret rund frosset makrell har for oksidasjonsforløpet i japankuttet filet pakket i pappkartong.

---

## 2. MATERIAL OG METODE

---

### 2.1 RÅSTOFF OG PRODUKSJON

Rund makrell innfrost 17.09.2015 på Pelagia Selje ble brukt som råstoff. Makrellen var fangstet av Eros (M-29-HØ) 15.09.2015 på fangstfelt 0716. Eros hadde to kast på henholdsvis 232 tonn og 498 tonn. Temperatur på makrellen ved ankomst Pelagia Selje var -1,2°C. Pelagia Selje utførte produksjon og innfrysing av fangsten 16.09.15 og 17.09.15. Bedriften vurderte ferskheden og svarthinnen i buken som god. Vurdering av parasitter viste at det var mer enn 6 parasitter i hver makrell som var undersøkt, men ubetydelig med rødåte i mage og tarmsystemet. Makrellen ble innfrost og fryselaagret ved Pelagia Selje AS før den ble sendt til Pelagia sitt sentrale fryselaager i Måløy. Partiet som ble brukt i forsøket ble sendt tilbake til Pelagia Selje da forsøksplanen ble lagt i desember og laagret ved -30°C.

23-26.februar 2016 ble de 3 første forsøksseriene produsert av 5 mnd. gammel rundfrosset makrell. Serie 4 ble produsert 23.05.16 av det samme råstoffet som nå var 8 mnd. gammelt. Ulik pakkemetode og bruk av antioksidant (rosmarin) skiller seriene fra hverandre (se tabell 1).

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

	Råstoff	Antioksidant	Glasering	Emballering	Lagringstid
Serie 1	Filet produsert av 5 mnd fryselaagret rund makrell		x	Kartong med plastsvøp	18 mnd med uttak hver 3 mnd.
Serie 2	Filet produsert av 5 mnd fryselaagret rund makrell		x	Vakuu	18 mnd med uttak hver 3 mnd.
Serie 3	Filet produsert av 5 mnd fryselaagret rund makrell	x	x	Kartong med plastsvøp	18 mnd med uttak hver 3 mnd.
Serie 4	Filet produsert av 8 mnd fryselaagret rund makrell	x	x	Kartong med plastsvøp	15 mnd med uttak hver 3 mnd.

Tining av råstoffet ble gjennomført i tre trinn i henhold til prosedyre utarbeidet av Sone m.fl. (2017). I henhold til denne prosedyren ble makrellen tint batch-vis i kar i tre trinn;

- 1) 3 kar (1000 l) med vann 11-12°C - oppholdstid 15 min
- 2) 3 kar (1000 l) med vann 4°C - oppholdstid 30 min
- 3) 2 kar (500 l) med vann -3°C - oppholdstid minimum 20 min.

For å få riktig temperatur på vannet i karene ble det brukt blanding av ferskvann, sjøvann, nedkjølt sjøvann (RSW), og nedkjølt saltlake til - 20 til -15 °C.

12 kartonger av 20 kg makrell ble tint av gangen. Makrellen ble tatt ut av fryser 1-2 timer før den ble satt til tining i kar. For å sikre jevn tining ble makrellkartongene delt opp slik at en kunne legge makrellene enkeltvis i tinekarene.

Etter tining ble makrellen filetert på en Baader 221-filetmaskin som var justert til å filetere makrellen i japankuttete fileter. Etter filetering ble filetene manuelt renskåret for gjenværende innvoller og blod i fremkant av ryggbeinet. Fileteringen var ikke optimal så en god del fileter ble sortert vekk. Grunnlag for utsortering ble vurdert i henhold til kriterier beskrevet i tabell 2.

Tabell 2 Utsorteringskriterier for vraking av makrellfilet

Utsorteringskriterier	Beskrivelse
Feilskjæring	Bøyd makrell "bananfisk" gjør at store deler av ryggbeinet blir sittende igjen i fileten.
	Brudd i fileten fordi fisken blir bøyd for mye for å bli tilpasset innmatingsenheten i filetmaskinen.
	Ødelagt/ opprevet filet.
Blodfeil	Blodstubb i fremkant av gjenstående ryggbein som ikke kan vaskes vekk.
	Blod i sporparti med gjenstående ryggbein.
	Store blodflekker i muskulatur.
Skinn	Avrevet skinn på store deler av fileten, som skyldes fremdriftssystemet i filetmaskinen. Små avrevet flekker/striper av skinn ble <u>akseptert</u> fordi det forekom ofte.
Muskel	Smøremyk (smiren) muskel – resultat av for høy temperatur under skjæring.
	Tydelig spaltet filet.

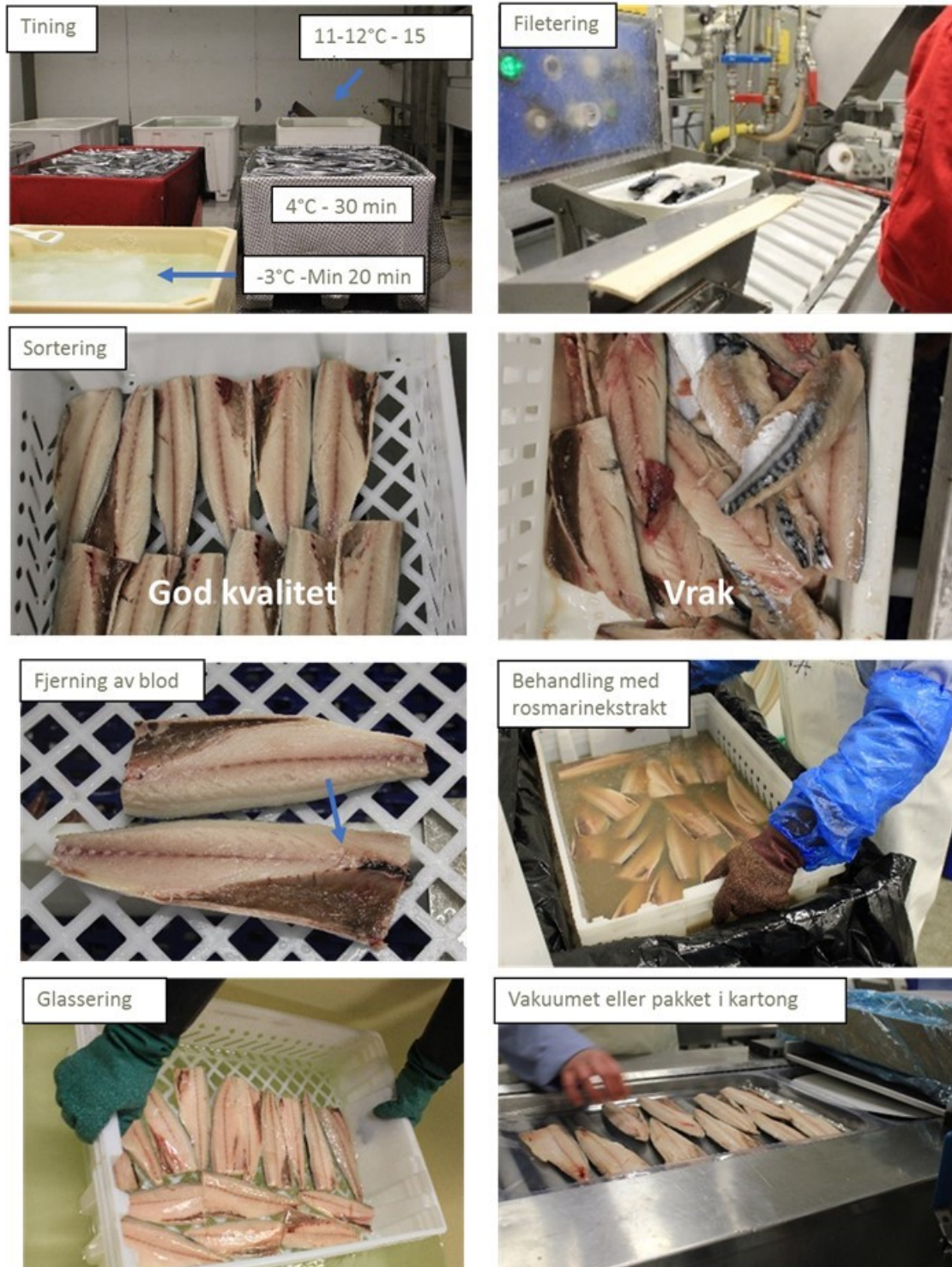
Etter renskjæring ble filetene plassert med muskelsiden ned på plastbelagte brett og kjørt på fryser for innfrysing ved -30°C. Antioksidant behandlet filet ble plassert i bakke med nettingbunn og dyppet 10 sekunder i 2 % løsningsmiddel av rosmarinekstrakt (StabilEnhance®OSR 5 fra NATUREX) før den ble plassert på brett med svarte plast ark og innfrosst ved -30°C.

Etter innfrysing og lagring i en til to dager ble filetene glasert i vann. Vannet var 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 med muskelsiden opp i bakker med nettingbunn 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.

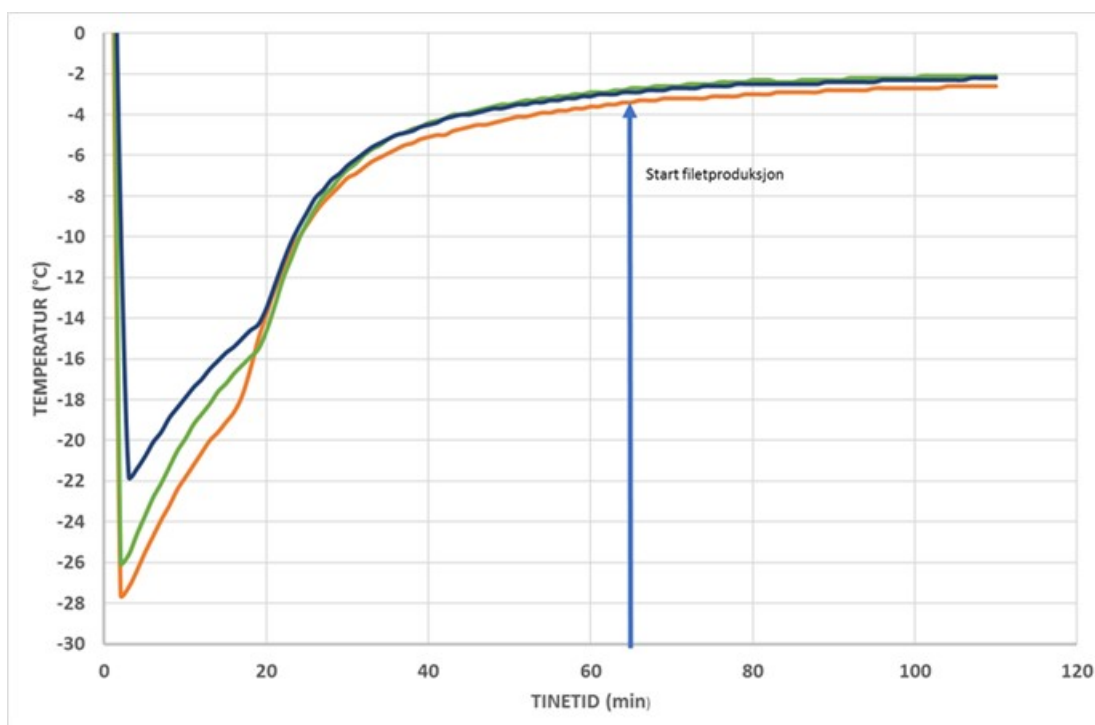
Fileter ble satt på frys før vakuumering. Til vakuumering ble en Multivac Type R50 med Gramvac overfilm 521mm 100my, material CO 95 HFP og Gramvac underfilm 425 mm 230my, material NICE 14 benyttet. Begge filmene var levert av Wipak Oy. 10 fileter ble vakuumert pr brett. Brettene ble pakket i kartonger med henholdsvis 40 og 50 fileter før

videre fryselagring. Figur 2 viser en oversikt over produksjonsprosessen. Den siste serien av prøver ble produsert 23.05.16 av 8 mnd. gammel rundfrosset makrell etter samme oppsett som de tre første seriene. Serie 4– japankuttet makrellfilet, antioksidantbehandlet med rosmarin (2%), glasert, pakket i kartong med plast svøp.



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. 65 minutter fra innfrost vare med en kjernetemperatur på rundt  $-25^{\circ}\text{C}$  til fisken var klar til filetering ved  $-2,7^{\circ}\text{C}$  (figur 2.).



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

## 2.2 KJEMISKE ANALYSER AV OKSIDASJONSUTVIKLING

Holdbarhetsundersøkelsene ble gjennomført på de alle de fire filetseriene. Makrellfileten ble lagret ved  $-30^{\circ}\text{C}$  hos Pelagia Selje og sendt som frysevare til Møreforskning og videre fryselagring i 1 uke før uttak. Det ble tatt ut filet hver 3 måned i henhold til tabell 3. Makrellen ble tint over natten i kjøleskap ved  $4^{\circ}\text{C}$  før kjemiske analyser og sensoriske vurdering. I hver serie ble totalt 20 fileter fordelt på fem samleprøver ved å homogenisere fire og fire fileter sammen. To replikater av hver prøve ble analysert.

Tabell 3 Oversikt over uttaksmåneder og lagringslengde (mnd.) for de ulike seriene.

	Mars 2016	September 2016	Desember 2016	Mars 2017	Juni 2017	August 2017
Rund makrell	0 mnd.					
Serie 1		6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.	15 mnd.	18 mnd.
Serie 2		6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.	15 mnd.	18 mnd.
Serie 3		6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.	15 mnd.	18 mnd.
Serie 4		3 mnd.	6 mnd.	9 mnd.	12 mnd.	15 mnd.

Fettprosent på råstoff ble analysert i henhold til Bligh og Dyer (1959).

Peroksidtall ble bestemt i henhold til Crowe og White (2001). TBARS-verdien ble bestemt ifølge Dulavik m.fl. (1998). Innholdet av frie fettsyrer ble bestemt i henhold til Bernárdez m.fl. (2005). pH ble målt direkte i oppmalt homogenisert makrellprøve.

### 2.3. SENSORISK VURDERING AV RÅSTOFF

#### Lukt

I hver serie ble 20 fileter evaluert i henhold til lukt etter en fem punkt skala fra 1-5 der 5 er best (tabell 4). Hver filet ble pakket i en lynlås-plastpose og lagt til tining ved 4° C i kjølerom over natten. De 20 filetene fra hver serie ble evaluert i randomisert rekkefølge av et panel på 4-5 personer. Panelet luktet ved å åpne plastposen og ta et godt sniff før posen ble lukket og sendt til neste dommer (figur 3). Dommerne vekslet på hvem som åpnet posen og luktet først. Mellom hver filet luktet paneldeltakerne på innsiden av håndleddet sitt, for å nøytralisere luktesansen.

Tabell 4 Evaluering av lukt etter en 5 punkt skala fra 1-5 der 5 er best.

Lukt	Skala
Frisk sjøluft	5
Nøytral lukt (svak metallisk)	4
Svak harsk eller sterk metallisk lukt	3
Fremtredende harsk eller metallisk lukt	2
Råtten lukt	1





Figur 3 - Evaluering av lukt på filet (illustrasjonsbilde).

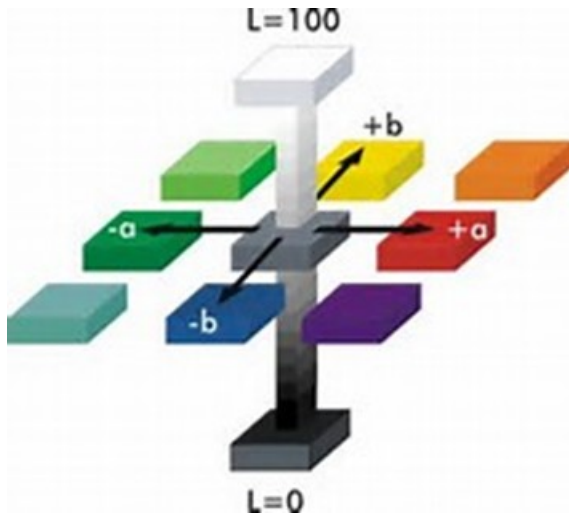
### *Tekstur*

Teksturmålingene ble utført ved hjelp av en TA-XT+ teksturmålermaskin (Stable Micro Systems, Surrey, Storbritannia). Målingene ble tatt øverst på tykkfiskdelen av fileten ved at stempelet 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.

### *Fargeanalyse og måling av spalting*

Overflatefargen til makrellfileten ble analysert ved hjelp av datastyrt bildeteknikk kjent som "computer vision system" (CVS) beskrevet av Girolami m.fl. (2013). 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 og Papadakis (2004). Tjue fileter fra hver serie ble fotografert og analysert. Gjennomsnittlig fargeverdier av pixlene ble brukt til å kalkulere den totale fargeforskjellen ( $\Delta E$ ) hvor  $L^*_0$ ,  $a^*_0$  og  $b^*_0$  er fargekoordinater til filetene. Figur 4 viser organisering av Lab-verdier.

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



Figur 4 CIE Lab-farge system ([www.briarpress.org](http://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 5).








Figur 5 Område for fargeanalyse av makrellfilet markert med stiplet linje.

Makrellfiletene ble også vurdert i forhold til antall spalter og gapping. Hver filet ble vurdert i henholdt til antall spalter og hvorvidt det var gapping i fileten før fileten ble gradert på en skala fra 1-5. Skala for evaluering av spalting er vist i tabell 5. Flere spalter gir høyere gradering. Høyeste verdi (5) fordrer både spalter og gapping.



Tabell 5 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
				

### *Elastisitet*

Elastisitet ble vurdert basert på kriteriene satt i tabell 6. Fileten brettes dobbel og slippes (figur 6). Gradering fra 1-5 basert på hvor raskt fileten retter seg ut igjen. Høyeste verdi (5) har best elastisitet.

Tabell 6 Evaluering av elastisitet etter en 5 punkt skala fra 1-5.

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



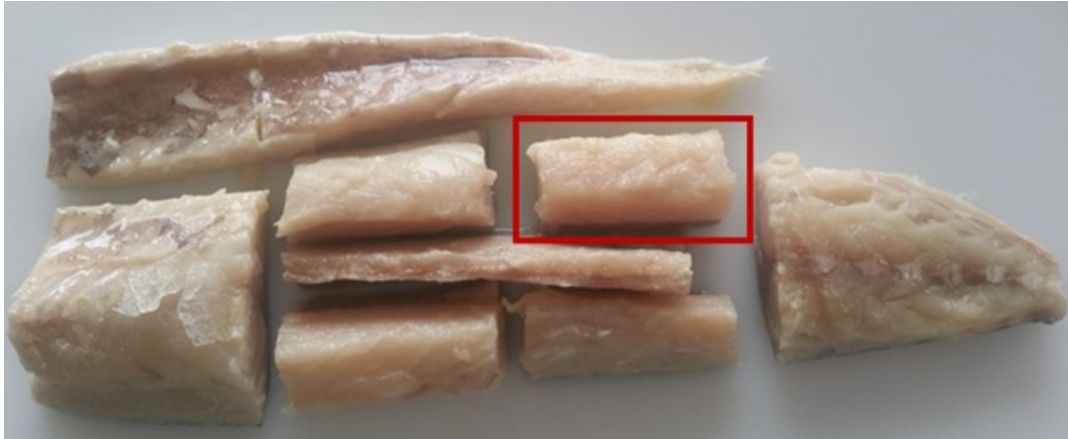
Figur 6 Bretting av filet for å undersøke elastisitet i muskel.

#### **2.4 SENSORISK KVALITET PÅ VARMEBEHANDLET RÅSTOFF**

Sensorisk kvalitetsbestemmelse ble utført på varmebehandlet filet fra de fire seriene (tabell 1). Et panel på seks personer (figur 7) vurderte lukt, farge, konsistens og smak på filetene ved hjelp av forskjellstesting (ISO:4120 2007) og enkel kvalitetsvurdering (ISO:13299 2003) med bruk av et åpent evalueringsskjema. Alle prøver ble testet i duplikat. For å sikre mest mulig like prøver til panelet ble de servert 2 biter med makrellfilet på ca. 20 gram tatt fra den midtre delen av makrellfileten. Totalt ble fire-seks slike biter med skinn skjært ut fra hver filet (figur 8). Filetbitene ble varmebehandlet i dampovn på 200 °C i 2 minutter.



Figur 7 Sensorisk kvalitetsbedømmelse av varmebehandlet råstoff.



Figur 8 Uttak av filetbiter til sensorisk analyse (rød ramme). Opptil 4-6 biter ble tatt ut fra hver filet.

## 2.5 STATISTISK ANALYSE

Signifikante forskjeller er undersøkt ved bruk av enveis variansanalyse ved bruk av Stata (Stata Corp). Bonferroni ble brukt som post-hoc test. Signifikante forskjeller i de sensorisk analysene ved bruk av forskjellstest er hentet ut i fra en binomisk tabell hentet fra (SensoriskStudiegruppe 2015).

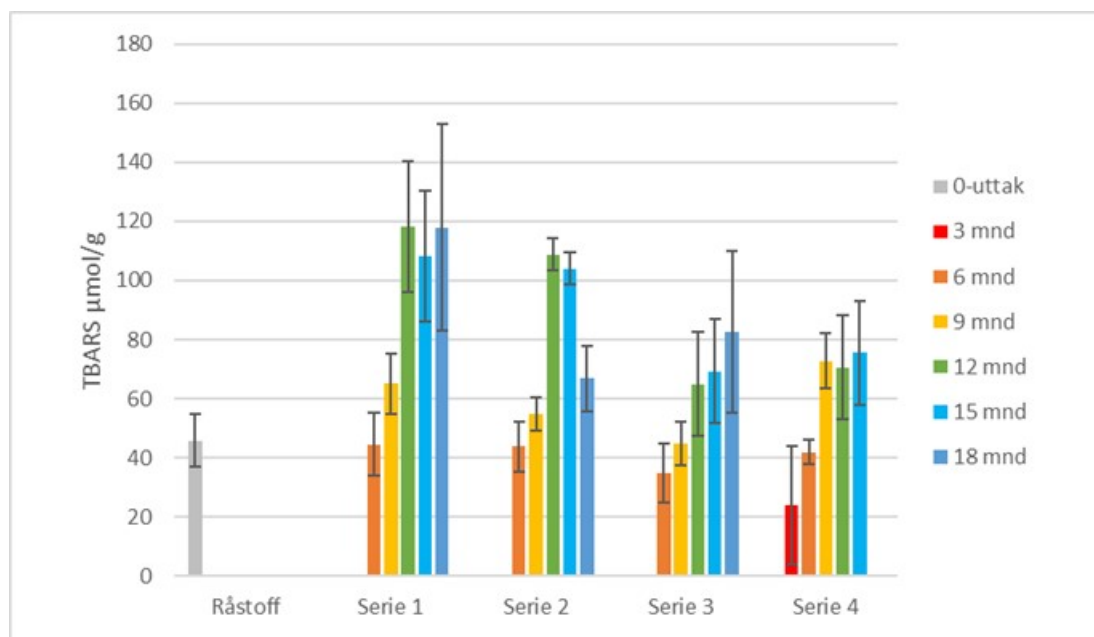
### 3. RESULTAT

#### 3.1 KJEMISKE ANALYSER AV OKSIDASJONSPARAMETERE

Råstoffet hadde et fettinnhold på  $27,4 \pm 2,7$  g/100g. Fettinnholdet i makrellfilet varierer gjennom sesongen, men ligger i henholdt til Nifes sine sjømatdata mellom 2,8-37g/100g med et snitt på rundt 25g/100g ([www.nifes.no](http://www.nifes.no)).

##### *TBARS*

Uavhengig av forbehandling i de fire seriene stiger TBARS-verdien jevnt gjennom hele lagringsperioden (figur 9). Unntaket er serie 2, som etter 18 måneder faller i verdi fra  $104 \mu\text{mol/g}$  til  $66 \mu\text{mol/g}$ . Etter 12 og 15 måneder er det signifikant høyere TBARS-verdier i fileten som ikke er behandlet med antioksidant. Etter 18 måneder er ikke forskjellen lenger signifikant, selv om snittverdien til fileten behandlet med antioksidant er markant lavere. Det er ikke signifikant forskjell på fileten produsert av 5 og 8 måneders gammelt råstoff. Det vil si at makrellfileten produsert av 5 mnd. fryselagret rund makrell (serie 3) har lik TBARS verdi som makrellfileten produsert av 8 mnd. fryselagret rund makrell (serie 4), etter 12 mnd. Det er generelt store individuelle forskjeller mellom filetene, noe som vises i høye standardavvik. Dette gjelder spesielt for fileten pakket i kartong (serie 1,3 og 4).

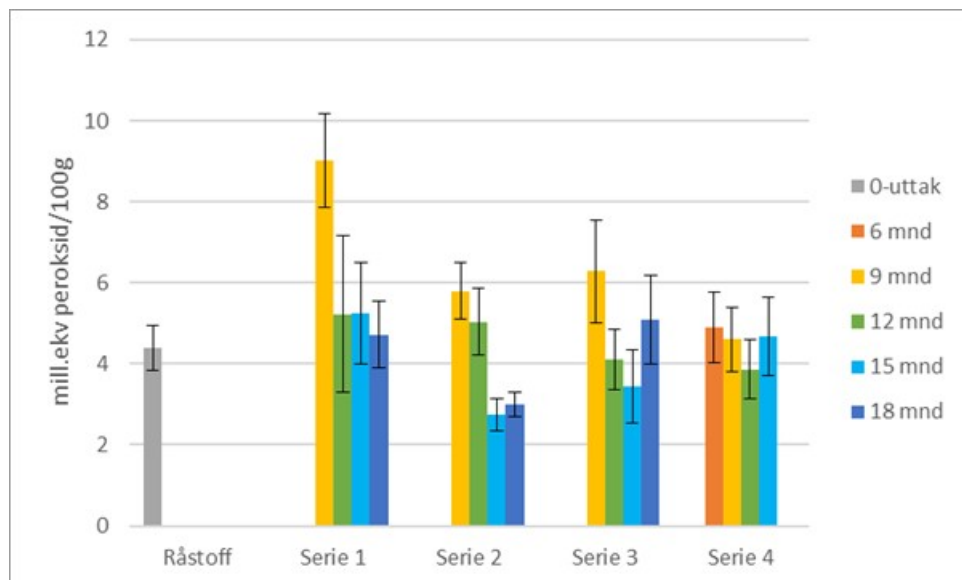


Figur 9 TBARS-verdi i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. N=5.

##### *Peroksid-verdi*

Peroksid er en primær oksidasjon som vil øke i begynnelsen av et oksidasjonsforløp for deretter å synke (Olsen m.fl. 2005). Resultatene (figur 10) viser at alle seriene har høyest peroksidverdi 6-9 måneder etter filetering og at serie 1, som ikke er behandlet med antioksidant og pakket uten vakuum, har signifikant høyere peroksidnivå enn de tre andre

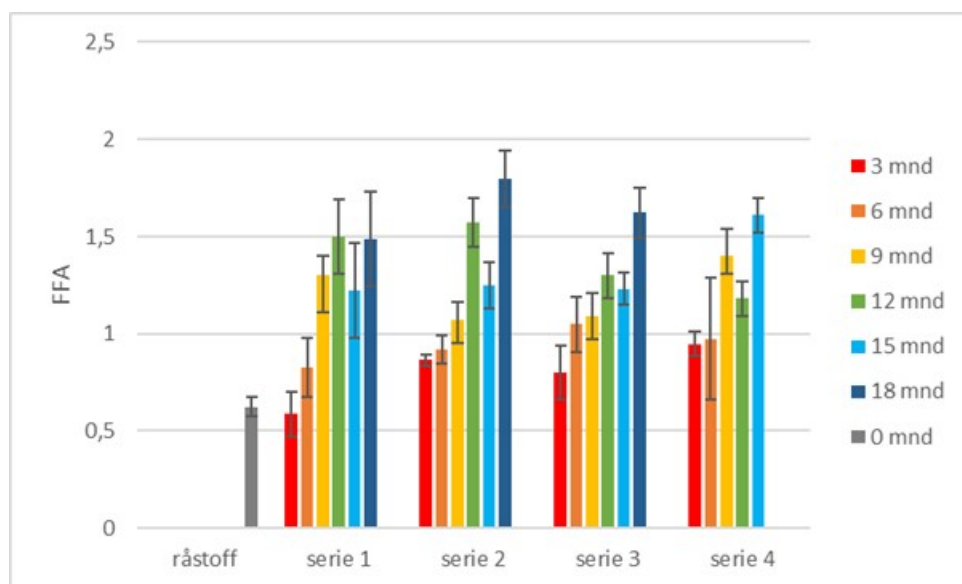
seriene ved 9 måneder lagring etter filetering. Ved videre lagring (12,15 og 18 mnd.) faller peroksidverdien i alle seriene. Det er kun signifikant nedgang mellom 12 måneder og 18 måneder for vakuumpakket filet (serie 2).



Figur 10 Peroxid-verdi i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. N=5.

### *Frie fettsyrer*

Det er en jevn økning av andelen frie fettsyrer i fettfasen til makrellfiletene ut over lagringsforsøket (figur 11). Allerede etter 6 måneder har man en signifikant høyere andel frie fettsyrer sammenlignet mot kjemisk analyse av rund makrell ved landing. Det registreres ikke signifikante forskjeller i frie fettsyre mellom de ulike seriene gjennom fryselagringsperioden med unntak av vakuumpakket filet som etter 12 mnd. lagring der serie 2 signifikant høyere andel frie fettsyrer enn serie 3 og 4 som er behandlet med antioksidant.

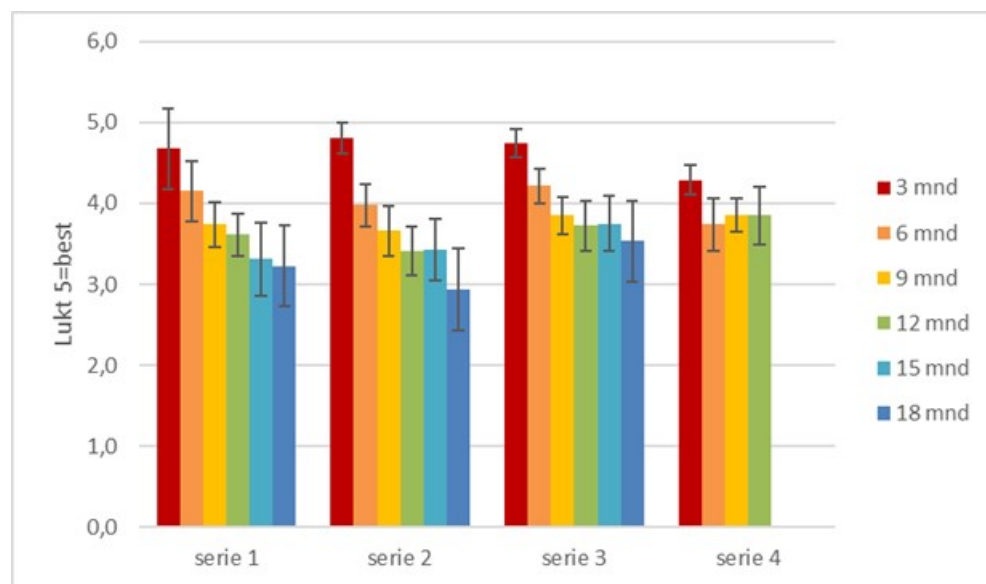


Figur 11 Frie fettsyrer i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. N=5.

### 3.2 SENSORISK VURDERING AV RÅSTOFF

#### Lukt

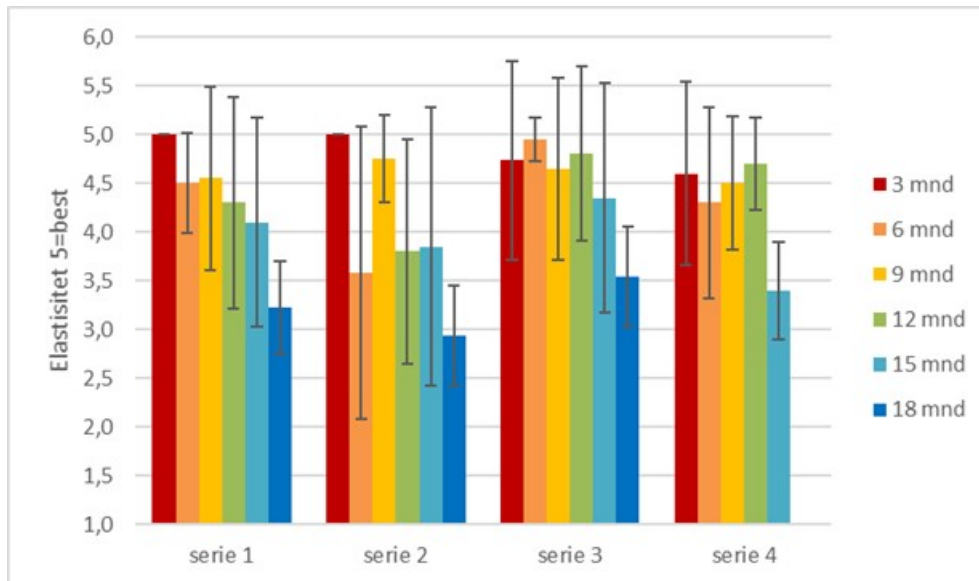
Evaluering av lukt på tint filet ble evaluert etter en 5 punkt-skala der 5 var best. Resultatene (figur 12) viser at det er en jevn nedgang i luktpreferanse. Serie 3 har høyere snittluktt enn serie 1 og 2 fra 6 måneders lagringstid og ut, men forskjellen er ikke signifikant. Det er heller ikke signifikant forskjell mellom serie 3 og 4. Uavhengig av forbehandling og lagringstid var ingen av filetene som ble undersøkt vurdert å være uegnet til konsum.



Figur 12 Evaluering av luktutvikling i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. Lukt ble evaluert på en skala fra 1-5 der 5 er best. N=20.

#### Elastisitet

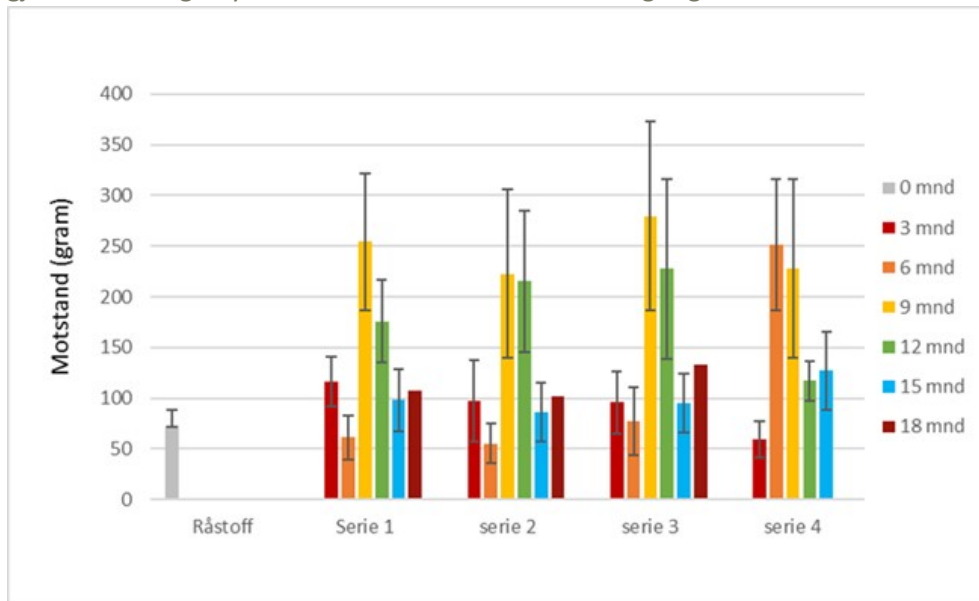
Til tross for store individuelle forskjeller mellom filetene i seriene, ser man en jevn nedgang i elastisitet i løpet av fryselagringstiden (figur 13). For serie 1 og 2 er det først etter 18 måneder at forskjellen er signifikant sammenlignet mot 3 måneders uttaket. Fileter behandlet med antioksidant (serie 3 og 4) har ikke signifikante forskjeller i elastisitet fra 3 til 18 og 15 mnd. lagringstid.



Figur 13 Endring i elastisitet i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. N=20.

### Tekstur

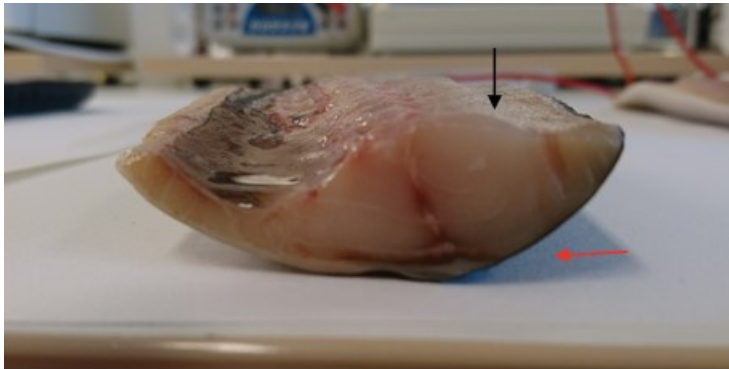
Figur 14 viser at fileten har mest motstand i tekstur på målinger gjennomført 9 og 12 måneder etter uttak. Det er ikke signifikante forskjeller mellom seriene, men serie 3 har gjennomsnittlig høyest motstand etter 9 måneders lagringstid.



Figur 14 Teksturendringer i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. N=20.

Tidlig i lagringsforløpet ble det observert at fileten holdt bedre på fasong og hadde en konveks form slik at den ikke var helt i kontakt med underlaget. Lenger ut i lagringsperioden ble denne formen redusert slik at fileten lå mer flatt mot underlaget (figur 15).

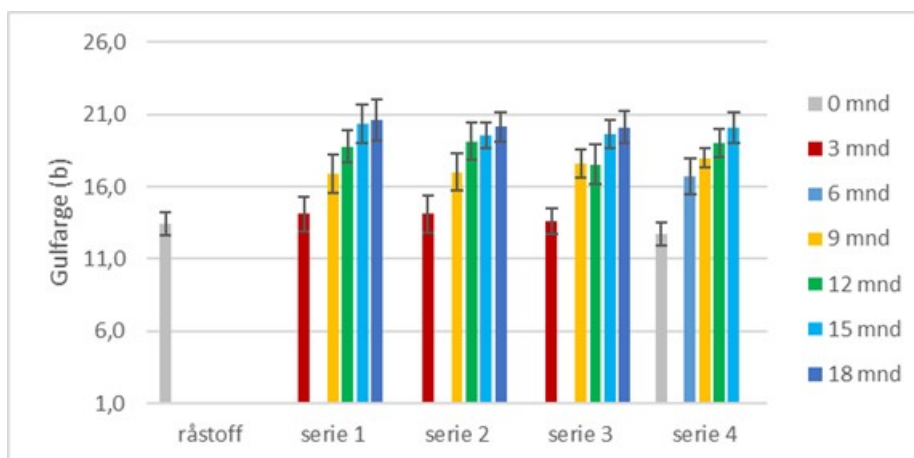




Figur 15 Illustrasjonsbilde av konveks form på makrellfilet under måling av tekstur. Proben ble ført ned i muskel i området indikert med sort pil. Område under fileten som ikke var i kontakt med underlag under teksturmåling indikert med rød pil.

### Farge

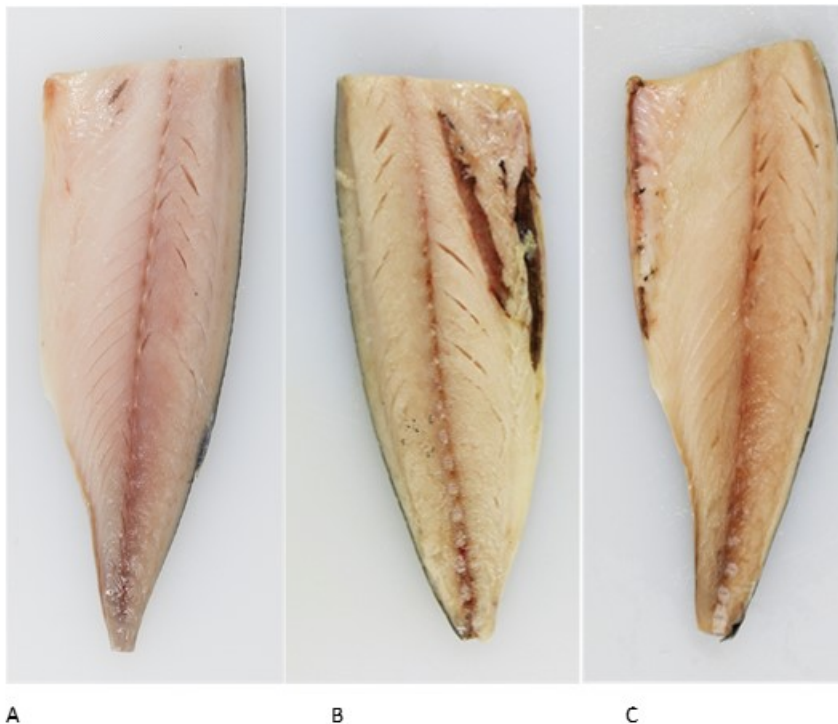
Gulfarge på filetene stiger jevnt gjennom lagringsperioden og det er ikke signifikante forskjeller mellom seriene. Figur 16 viser at det er signifikant økning i gulfarge fra 3 til 9 måneder og videre fra 9 måneder til 15 og 18 måneder for serie 1,2 og 3. For serie 1 betyr dette at det er en økning i intensitet av gulfarge fra 13,4 ved 0-uttaket til 16,9 etter 9 måneder. Deretter stiger det igjen opp til 20,6 etter 18 måneder. For serie 4, som ble filetert 3 måneder senere, ser man samme fargeutvikling som serie 1,2 og 3 dersom en legger alderen på råstoffet og ikke tid etter filetering som kriterium.



Figur 16 Utvikling av gulfarge i makrellfilet med ulik forbehandling og emballasje over 18 måneders fryselagring. N=20.

Som figur 16 illustrerer så er det synlig forskjell mellom en ny filetert filet av 5 mnd. gammelt råstoff (A filet figur 17), med en b-verdi på 12,4 mot en filet fryselagret i henholdsvis 9 og 18 (B og C filet figur 17) mnd. med en b-verdi på 16,6 og 20,5.

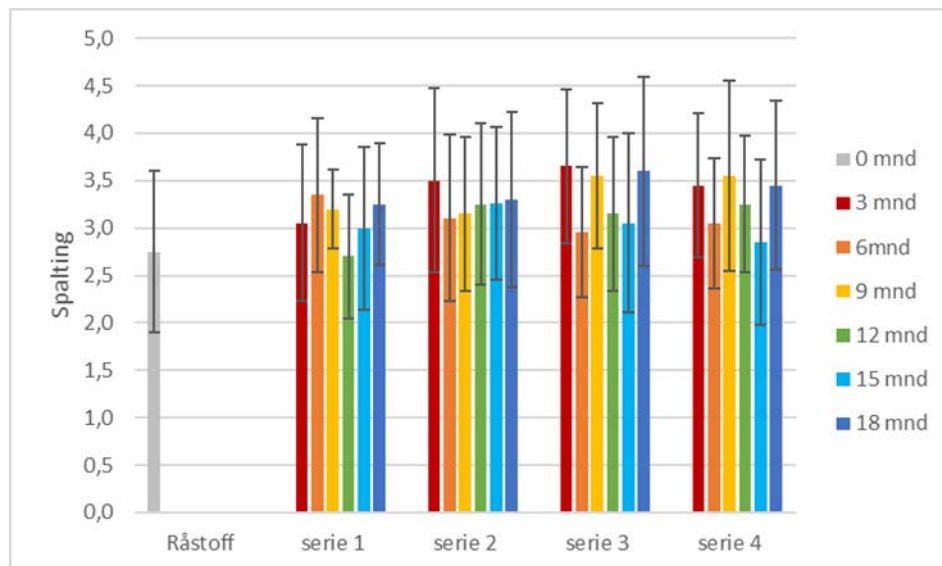




Figur 17 Fargeforskjell mellom en ny filetert makrellfilet(A) og filet fryselaagret i 9 (B) og 18 mnd. (C).

### Spalting

Resultatene (figur 18) 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.



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

### 3.3 SENSORISK KVALITET PÅ VARMEBEHANDLET FILET

Varmebehandlet makrellfilet ble hver tredje måned testet ut i forhold til forskjeller mellom serier og relevans for konsum. Tabell 7 viser at det var små sensoriske forskjeller på de ulike forbehandlingsmetodene. Men 3 mnd. fryselaagret makrellfilet er sensorisk forskjellig fra ny filetert filet fra 8 mnd. lagret råstoff (serie 4). Det ble observert en sensorisk forskjell mellom filet pakket i kartong vs. vakuu etter 6 mnd. Fryselagring. Etter 18 mnd. ble filet som ikke var behandlet med antioksidant vurdert til å ha en nedsatt sensorisk kvalitet sammenlignet mot filet behandlet med antikosidant. Filet pakket i kartong (serie 1) og fryselaagret i 18 mnd. ble vurdert som ikke egnet for konsum ved at 50 % av de testede prøvene ble beskrevet som ikke akseptable.

Tabell 7 Signifikante forskjeller mellom fryselaagret makrellfilet. Alle seriene ble testet opp mot serie 1.

	Serie 1 vs serie 2	Serie 1 vs serie 3	Serie 1 vs serie 4
3mnd	-	-	p=0,1
6mnd	p=0,05	-	-
9mnd	-	-	-
12mnd	-	-	-
15mnd	-	-	-
18mnd	-	p=0,05	-

---

## 4. DISKUSJON

---

Japankuttet filet (filet med buk og bukhinne intakt) er den mest ettertraktede filettypen 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 fryst råstoff påvirkes av alder på råstoffet, lagringstid, emballering og bruk av antioksidant på rund frosset makrell.

Resultatene viser at filet produsert av 8 mnd. fryselaagret rund makrell har like lang holdbarhet som filet produsert av 5 mnd. fryselaagret makrell og holdbarheten på produktene uavhengig av forbehandling, emballering og bruka antioksidant er god. Det er først i overkant av et års fryselaagring av fileten at en begynner å se kvalitetsforringelse av produktet.

Generelt er det små forskjeller mellom filet pakket i kartong vs. vakuu. Tidligere forsøk på sild har vist at vakuumpakket produkt er betydelig mindre utsatt for oksidasjon enn produkt pakket i kartong (Bjørkevoll m.fl. 2002). At denne forskjellen ikke er like tydelig i dette forsøket kan ha med at filetene ble glasert etter filetering og at glaseringen opphever noe av fordelene en tidligere har sett med vakuumering.

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 behandlet med antioksidanten rosmarin har signifikant lavere oksidasjon enn filet pakket i kartong og vakuumpakket filet fryselaagret i 12 og 15 mnd. Planteekstrakt er ofte benyttet som naturlige antioksidanter i fettholdige produkter, og har de siste årene tatt over for de syntetiske konserveringsmidler (Shah m.fl. 2014). Bruk av rosmarinekstrakt er vanlig i fiskeoljeindustrien, og er et av de mest effektive naturlige antioksidantene på markedet (abingredients.com).

Naturlig forekomst av antioksidanter i fiskemuskel kan øke holdbarheten. Det er påvist at nedbrytning av den naturlige antioksidanten tokoferol (e-vitamin) fører til økt oksidasjon over tid, når innholdet av denne ikke lenger er høy nok til å beskytte membranlipider og forebygge propagering (Erickson 1993). Forsøk gjennomført på sild viser nedgang i antioksidanten vitamin E, under fryselaagring (Kjerstad m.fl. 2014). For å beskrive forbruket av vitamin E under laagring bør det i videre studier vurderes å analysere innholdet av vitamin E i fiskemuskel. En annen påvirkende faktor til de store individuelle forskjellene, er at filet pakket i kartong får ulik påvirkning av luft, avhengig av hvor de ligger i kartongen. Denne hypotesen støttes av at filet, vakuumpakket 10 og 10 på plate, hadde mindre individuelle forskjeller.

18 mnd. fryselaagret og vakuumpakket filet er den eneste av seriene som har et fall i TBARS-verdi. I henhold til Ackman (2005) vil TBARS stiger før verdien avtar når oksidasjonsforløpet er langt fremskredet. Da 18 mnd. er det siste uttaket i forsøket er det ikke mulig å vurdere om verdien vil fortsette å falle eller om det er tilfeldig at nettopp denne verdien ble så lav.

Peroksid er et mål på primær oksidasjon, den øker i begynnelsen av oksidasjonsforløpet for deretter å synke (Ackman 2005, Olsen m.fl. 2005). For alle de ulike pakke- og

behandlingsmetodene viser peroksidverdien å være høyest fra 6 til 9 måneder før den faller. En finner bare signifikant nedgang mellom 12 mnd. og 18 mnd. for vakuumpakket fileten (serie 2). Dette resultatet støtter opp om TBARS-resultatene.

For frie fettsyrer er det allerede etter 6 mnd. lagring signifikant høyere andel i makrellfiletene for alle seriene sammenlignet med råstoffet. Etter 12 mnd. lagring har vakuumpakket fileten signifikant høyere andel frie fettsyrer enn fileten behandlet med antioksidant (serie 3 og 4). Etter dette jevner forskjellen seg ut.

Oksidasjonsmålingene viser store forskjeller mellom filetene i samme serie, noe som gjenspeiler seg i høye standardavvik. Oksideringen skjer forskjellig i de ulike delene av fileten. Studier på både sild og makrell viser forskjeller mellom skinn, mørk muskel og lys muskel (Ke m.fl. 1977, Undeland m.fl. 1998). Studier av rund fryselaagret makrell viser at skinnen og den mørke muskulaturen rett under skinnen oksiderer raskest (Ke m.fl. 1977). Det samme viser seg i studier av fryselaagret sildefilet. Der er muskulaturen like under skinnen mer eksponert for oksidering, men dette jevnet seg ut over tid (Undeland m.fl. 1998). Trolig gjelder dette også for makrellfileten.

Det ble gjennomført sensorisk evaluering av lukt og elastisitet på alle prøvene (N=20) som inngikk i lagringsforsøket. Makrell har en meget kraftig egenlukt og med unntak av enkeltfileter kjente ekspertpanelet kun svak grad av harskhet selv etter 18 mnd. fryselaagring. Makrellfileter forbehandlet med rosmarin, hadde i snitt best lukt, men forskjellene er i motsetning til de kjemiske resultatene ikke signifikante.

Tidligere forsøk på produkt av sild, har vist at TBARS-verdi på 50-80 korrelerer med nedsatt sensorisk kvalitet (Bjørkevoll m.fl. 2002, Kjerstad m.fl. 2014). Dette er ikke i tråd med våre forsøk på makrell, der vi til tross for TBARS-verdier opp mot 120 ikke har diskvalifisert råvaren i forhold til konsum.

Varmebehandlet makrellfileten vil ha en kraftigere lukt og smak en rå fileten og en antar at harskning vil oppdages først i varmebehandlet fileten. Til tross for dette er det først etter 18 mnd. at panelet vurderer tradisjonelt fryst og pakket fileten som ikke egnet for konsum.

Målingene av gulfarge i filetene viser jevn økning under lagringen, fra en b-verdi på 13,4 ved 0-uttaket til i overkant av 20 etter 18 mnd. lagring. Samme utvikling er beskrevet av Sone m.fl. (2017) der gulfarge (b-verdi) steg fra 12 til i overkant av 14 under 12 mnd. lagring. Det er ingen signifikante forskjeller mellom de ulike pakke og prosesseringsmetodene i vårt studium. Sone m.fl. (2017) rapporterer at fileten behandlet med antioksidant har 2% høyere b-verdi (gul farge) sammenlignet med naturell fileten etter 4 mnd. lagring. Denne forskjellen er ikke observert i dette forsøket.

Resultatene viser at elastisiteten på fileten synker under lagring og filetene får dermed i snitt mindre spenst. Dette er en naturlig utvikling under fryselaagring og kan også korreleres med en mykere tekstur i filetene etter 12-18 mnd. fryselaagring. Instrumentell teksturmåling av fastheten i fiskefiletene viste større variasjon mellom ulike fryselaagringstid enn mellom de ulike behandlingstypene. De mest faste filetene ble målt etter 9 og 12 måneders fryselaagring, der motstanden var opp mot 3 ganger høyere enn uttak før og etter. Før og etter disse to uttakene lå motstanden (fastheten) på om lag det samme (rundt 100 grams motstand ved 30

% sammentrykking). En forventet at teksturen ble bløtere etter lengre tids fryselaagring som Aubourg m.fl. (2013) fant i sine studier. Hvorfor fastheten ifølge våre målinger øker etter 9 og 12 mnd. lagring for så å avta igjen etterpå finner vi ingen god forklaring på, men en mulighet kan være at makrellfiletene tidlig i forsøket var krummet konvekst (som en v), slik at yttersidene langs fileten ikke var i kontakt med underlaget (Figur 15). Dette kan ha ført til bevegelse på fileten når proben trykkes mot fileten under teksturmålingene. Dette kan ha ført til lavere verdier for tekstur/motstand enn om fileten lå flatt mot underlaget under hele målingen. En annen feilkilde, i forhold til at filetene krummet oppover, er at filethøyden registreres som større enn den faktisk er og at dette gir feilmålinger siden teksturmåleren er programmert til å presse inn 30 % av utgangshøyden på fileten. Denne feilen ble ikke oppdaget før etter flere uttak og en vurderte det da som best å fortsette med sammen metoden for teksturmålinger under alle uttakene for et så likt sammenligningsgrunnlag som mulig.

Videre i lagringsperioden ble filetene mykere og hele skinnsiden ble liggende mot underlaget under målingene noe en antar gav mer motstand/høyere tekstur under målingene, siden det ikke var luft/tomrom mellom filet og underlag slik det var i tidligere uttak (figur 15). Dette kan forklare hvorfor teksturverdiene gikk opp ved uttak etter 9 og 12 måneder. At verdiene synker igjen etter 12 måneder kan komme av at filetene blir mykere, noe som ble registrert under elastisitetmålingene og håndteringen av filetene etter tining. En av årsakene til redusert fasthet og spenst under fryselaagring kan også komme av nedbrytning og endringer i funksjonalitet hos proteiner, som også er rapportert å øke ved høyere fryselaagringstemperatur (Saeed og Howell 2002).

Selv om en, som i Sone m.fl. (2017), ser at filetteksturen gradvis blir fastere under fryselaagring i inntil 12 mnd., må en i forsøk med teksturmåling, forsikre seg om at muskel som måles ligger helt i kontakt med underlaget under målingene. Dette kan gjøres ved å måle på en terning av muskelen med en gitt størrelse, fremfor å bruke hel filet og/eller å bruke metoden for skjærkraft som mål på tekstur (Romotowska m.fl. 2016).

Produksjonsmetodikk var i dette forsøket fremdeles under utvikling og tining og pakking var preget av mange manuelle operasjoner. Gjennom optimalisering og effektivisering som har skjedd i utviklingsarbeidet knyttet til den Pelagiske pilotlinjen på Selje det siste året, er produksjons-prosessen vesentlig forbedret siden dette forsøket startet. Det er derfor rimelig å anta at dette utviklingsarbeidet også vil påvirke og forlenge holdbarheten på produktet. All filet i forsøket bar preg av mye spalting. En ser ingen forskjell på spalting mellom seriene og heller ingen forskjell knyttet til lagringstid. Optimaliseringer som er utført i den Pelagiske pilotlinjen gir en mer skånsom håndtering av filtene og en kan også her anta at dette gir produkt med mindre spalting.

Filetene i dette forsøket ble lagret ved  $-30^{\circ}\text{C}$ . Temperatur under fryselaagring påvirker oksidasjonsforløpet, og Saeed og Howell (2002) fant store forskjeller i oksidasjonsforløp ved lagring på  $-20$  og  $-30^{\circ}\text{C}$ . Det er derfor rimelig å anta at dersom en hadde gjennomført lagringsforsøket ved høyere temperaturer at en ville fått en tidligere kvalitetsreduksjon.

Resultatene fra prosjektet bidrar til å redusere usikkerheten knyttet til produkt- og produkt-egenskaper til norskprodusert makrellfilet for det asiatiske markedet. Kjennskap til

oksidasjons-prosesser knyttet til valgt emballasje og prosesser har gitt viktig informasjon om hvordan produktene bør bearbeides og pakkes for å kunne oppnå etterspurt kvalitet i markedet. Resultatene fra prosjektet vil gi nytteverdi ved at produksjonen lettere kan styres mot optimal oksidasjonsutvikling på sluttproduktet. Slike faktorer blir sentral kunnskap for å kunne imøtekomme viktige markedskrav når norsk makrellfilet skal lanseres i markedet.

---

## 5. KONKLUSJON

---

Resultatene fra oksidasjonsstudiet for fryselagret makrell filet viser god holdbarhet for filetene. For å kunne tilfredsstillte kundekravene er det ifølge pelagisk industri viktig at filetene har en holdbarhet på minimum et år. Resultatene viser at alle filetseriene uavhengig av forbehandling hadde minimum 15 måneders holdbarhet og er dermed godt innefor markedskravet.

- Filet av 8 måneder fryselagret råstoff har like lang holdbarhet som filet produsert fra 5 måneders gammelt råstoff.
- Bruk av antioksidant (rosmarin) gir signifikant bedre holdbarhet målt i TBARS og frie fettsyrer, på filet fryselagret i 12 og 15 mnd. etter filetering.
- Filet, uavhengig av forbehandling, var mye spaltet og det var synlig økning i gulfarge på filetene etter 18 mnd. lagring.
- Etter 18 mnd. fryselagring ble makrellfilet pakket naturell i kartong med plastinnlegg, evaluert av et sensorisk panel å være uegnet for konsum.

---

## 6. REFERANSER

---

Ackman, R. G. (2005). Fish Oil. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6 Volume Set, Chapter. **4**: 279-317.

Aubourg, S. P., A. Rodríguez og J. M. Gallardo (2005). "Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): effect of catching season and commercial presentation." European journal of lipid science and technology **107**(5): 316-323.

Aubourg, S. P., J. A. Torres, J. A. Saraiva, E. Guerra-Rodríguez og M. Vázquez (2013). "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 **53**(1): 100-106.

Bernárdez, M., L. Pastoriza, G. Sampedro, J. J. Herrera og M. L. Cabo (2005). "Modified method for the analysis of free fatty acids in fish." Journal of Agricultural and Food Chemistry **53**(6): 1903-1906.

Bjørkevold, I., R. Richardsen, R. Dahl og M. Carlehög (2002). Kvalitetsanalyse av sild. Vakuumpakking av rund sild og sildefilet tilastt lake før frysing. Fiskeriforskning, Fiskeriforskning. **13/2002**. 25 sider.

Bligh, E. G. og W. J. Dyer (1959). "A rapid method of total lipid extraction and purification." Can. J. Biochem. Physiol **37**: 911-917.

Crowe, T. D. og P. J. White (2001). "Adaptation of the AOCS official method for measuring hydroperoxides from small-scale oil samples." Journal of the American Oil Chemists' Society **78**(12): 1267-1269.

Dulavik, B., N. K. R. Sorensen, H. Barstad, O. Horvli og R. L. Olsen (1998). "Oxidative stability of frozen light and dark muscle of saithe (*Pollachius virens* L.)." **5**: 233-245.

Erickson, M. C. (1993). "Compositional parameters and their relationship to oxidative stability of channel catfish." Journal of Agricultural and Food Chemistry **41**(8): 1213-1218.

Falch, E., I. Aursand og H. Digre (2006. ). Pelagisk kvalitet. Sesongvariasjoner i næringsverdi og fettsammensetning i NVG sild og makrell. . Sintefrapport **AO 65018**. 25 sider.

Girolami, A., F. Napolitano, D. Faraone og A. Braghieri (2013). "Measurement of meat color using a computer vision system." Meat Science **93**(1): 111-118.

Hellevik, A. H. (2014). Fangstbehandling av torsk til klippfiskindustrien. . UiT Norges Arktiske Universitet, Tromsø., UiT Norges Arktiske Universitet, Tromsø. **Masteroppgave i Fiskeri- og Havbruksvitenskap, studieretning marien næringsmiddel.**

ISO:4120 (2007). Sensory analysis. Methodology. Triangle test., European Committee for standardization. Brussel, Belgum: 15.

ISO:13299 (2003). Sensory analysis. Methodology. General Guidance for establishing a sensory profile. , European committee for standadization.: 24.

Ke, P., R. G. Ackman, B. Linke og D. Nash (1977). "Differential lipid oxidation in various parts of frozen mackerel." International Journal of Food Science & Technology **12**(1): 37-47.

Kjerstad, M., W. E. Larssen og B. T. Nystrand (2014). Produkt- og markedsutvikling for restråstoff av NVG-sild til konsum. Møreforskning, Møreforskning. **MA14-18**. 62 sider.

Lauritzsen, K. (2004). "Quality of salted cod (*Gadus morhua* L.) as influenced by raw material and salt composition."

Olsen, E., G. Vogt, K. Saarem, T. Greibrokk og A. Nilsson (2005). "Autoxidation of cod liver oil with tocopherol and ascorbyl palmitate." Journal of the American Oil Chemists' Society **82**(2): 97-103.

Remme, J. F. og J. P. Wold (2007). Hurtig fettmåling i pelagisk fisk ved on-line NIR spektroskopi. . Møreforskning. **Å 0707**. 20 sider.

Richards, M. P., S. D. Kelleher og H. O. Hultin (1998). "Effect of washing with or without antioxidants on quality retention of mackerel fillets during refrigerated and frozen storage." Journal of Agricultural and Food Chemistry **46**(10): 4363-4371.

Romotowska, P. E., M. Gudjónsdóttir, T. B. Kristinsdóttir, M. G. Karlsdóttir, S. Arason, Á. Jónsson og H. G. Kristinsson (2016). "Effect of brining and frozen storage on physicochemical properties of well-fed Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) intended for hot smoking and canning." LWT-Food Science and Technology **72**: 199-205.

Saeed, S. og N. K. Howell (2002). "Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*)."  
Journal of the Science of Food and Agriculture **82**(5): 579-586.

SensoriskStudiegruppe (2015). Sensorikk- måling med menneskelige sanser. Allkopi AS, Kopinor Pensum AS.



Shah, M. A., S. J. D. Bosco og S. A. Mir (2014). "Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products." Meat Science **98**(1): 21-33.

Sone, I., T. Skåra og A. V. Skuland (2017). Utvikling og optimalisering av makrellfiletering. NOFIMA. **12/2017**. 34 sider.

Undeland, I., M. Stading og H. Lingnert (1998). "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 **78**(3): 441-450.

Yam, K. L. og S. E. Papadakis (2004). "A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces." Journal of Food Engineering **61**(1): 137-142.

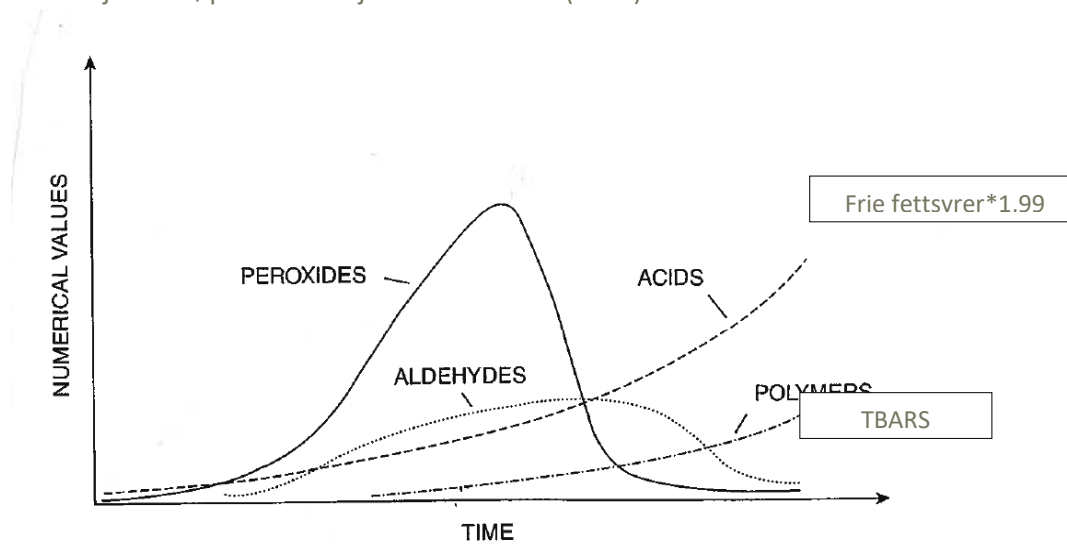
---

## 7. VEDLEGG

---

### Vedlegg 1

Oksidasjonsforløp i marine oljer etter Ackman (2005).



Figur 7: Figuren viser mønsteret for utvikling av peroksider og dets nedbrytningsprodukter ved oksidering av marine oljer. Acids = FFA\*1,99. (Ackman 2005).

