

Utvikling og optimalisering av makrellfiletering

Izumi Sone, Torstein Skåra & Aase Vorre Skuland





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1433 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sundalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Alta:

Kunnskapsparken, Markedsgata 3
NO-9510 Alta

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140
E-post: post@nofima.no
Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835

Rapport

	ISBN: 978-82-8296-455-5 (trykt) ISBN: 978-82-8296-456-2 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Tittel:</i> Utvikling og optimalisering av makrellfiletering	<i>Rapportnr.:</i> 12/2017
	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Izumi Sone, Torstein Skåra & Aase Vorre Skuland	<i>Dato:</i> 20.01.2017
<i>Avdeling:</i> Prosessteknologi	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 34+8
<i>Oppdragsgiver:</i> Pelagia AS	<i>Oppdragsgivers ref.:</i>
<i>Stikkord:</i> Makrell, filetering, prosessering, tining, lagring, antioksidanter, farge, tekstur, gaping, drypptap, Japan	<i>Prosjektnr.:</i> 11158
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> <p>Med støtte fra RFF-Vest og med Pelagia som industriell partner var hovedmålet å avdekke de viktigste sammenhengene mellom sesong, behandling og prosessparametere, på kvalitet og holdbarhet av fryst makrellfilet. Prosjektet ble delt inn i 3 deler. Del 1 kvantifiserte kvalitetsparameterne i dagens fileter som selges i Japan. Del 2 undersøkte kvalitetsvariasjonen i makrellfilet, som følge av fangstsesong og endelig tinetemperatur ved filetering. Del 3 undersøkte lagringsstabiliteten av filetprodukter og effekten av tilsats av en antioksidant. Kina-filet hadde jevn kvalitet, mens norsk filet var preget av stor variasjon innen samme batch, trolig på grunn av manuell filetproduksjon og glasering. Resultatene for farge og gaping samsvarte godt med generell oppfatning om kvalitetsforskjell i råstoff mellom notfanget og trålfanget makrell. Når det gjelder farge, tekstur, gaping og blodflekker var kvaliteten på norsk notfanget septemberfilet ganske lik kvaliteten på Kina-filet. Resultatene tyder på at tining kan ha effekt på filetkvalitet. Dette bør undersøkes nærmere med flere fisk og under mer kontrollert (automatisert) filetproduksjon. Etter 4 måneders fryselagring ble filetene mer gule uavhengig av råstoff, noe som indikerte harskning. De opprinnelige fargeforskjellene observert i starten av lagringen hadde blitt minsket bort, og det ble ikke lenger observert stor fargeforskjell mellom de ulike råstoffene etter 12 måneder. Resultatene tyder på at holdbarheten på norsk makrellfilet er 4–8 måneder på cirka -20 °C fryselagring. Fastheten så ut til å øke med lagring (60 % Kraft) og være bløtere sammenlignet med Kina-filet (Areal 0–90 %). Resultatene viste ikke tydelig antioksidativ effekt av 2 % rosmarinekstrakt.</p>	
<i>English summary/recommendation:</i> <p>With the support of RFF West and with Pelagia as an industrial partner the main goal was to reveal how season, handling and processing parameters influence the quality and storage stability of frozen mackerel fillets. The project was divided into 3 parts. Part 1 quantified the quality parameters of the existing fillet products in Asia. Part 2 examined the quality variation of mackerel fillets as a result of season and final thaw temperature at filleting. Part 3 examined the storage stability of the fillets, the effect of the glazing and the addition of an antioxidant. China-fillet had consistent quality, while the Norwegian fillets were characterized by large variation within batch, probably due to manual fillet production and glazing. For color, texture, gaping and blood spots, the quality of the Norwegian September fillet was similar to the quality of China-fillets. The results indicate that thawing can have an effect on fillet quality. This should be investigated with several fish and under more controlled (automated) fillet production. The results indicate that the shelf life of Norwegian mackerel fillet is 4–8 months at approximately -20 °C frozen storage. The firmness of fillets seemed to increase with storage, but the fillets were soft compared with previous studies (with whole fish). The results showed no clear antioxidative effect of 2% rosemary extract.</p>	

Forord

Prosjektet ProMack: Developing and Optimizing mackerel filleting, ble innvilget i desember 2014 (oppstart januar 2015). Med støtte fra RFF-Vest og med Pelagia som industriell partner var hovedmålet å avdekke de viktigste sammenhengene mellom sesong, behandling og prosessparametere, på kvalitet og holdbarhet av fryst makrellfilet.

Prosjektet inngår som det aller første av en rekke prosjekter som omhandler filetering av makrell, og som i næringen omtales som Pelagisk løft. Prosjektet ble noe annerledes, og betydelig mindre enn det som først ble beskrevet i prosjektsøknaden som ble innvilget av RFF-Vest. Dette hadde sammenheng med at deler av søknaden ble isolert i spesifikke prosjekter, for eksempel utvikling av filetmaskin og lagringsstabilitet/emballasje/antioksidanter, som ble finansiert i første rekke av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), som hadde allokerte midler til pelagisk sektor og betydelige budsjettammer. FHF har også bidratt til finansiering av en pilotlinje for filetering av makrell på Pelagias anlegg i Selje. I tillegg pågår det minst ett Forskningsrådsfinansiert prosjekt som omhandler frysing og tining av makrell.

Mulighetene for styring av prosessparametere, både hva gjelder innfrysing, tining og filetering er allerede betydelig forbedret i forhold til hva som var tilgjengelig da prosjektet ble gjennomført. Dette kan bidra til å gi visse begrensninger i forhold til resultatenes relevans. Prosjektet er gjennomført i henhold til planene som forelå, med de teknologiske hjelpemidlene som var tilgjengelige. Arbeidet i prosjektet, bidro kanskje mer enn noe annet til å gi føringer for påfølgende prosjekter og investeringer. I tillegg ble det avdekket sammenhenger som kan være viktige for den videre utviklingen av prosessen og produktene.

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Målsetting.....	1
2	Kvaliteten av dagens filetprodukter.....	3
2.1	Materialer og metoder.....	3
2.1.1	Håndfiletert makrell fra Kina.....	3
2.1.2	Fargemåling.....	4
2.1.3	Tekstur.....	5
2.1.4	Muskelspalting og blodflekker.....	5
2.2	Resultater og diskusjon.....	6
2.2.1	Variasjon mellom prøvene.....	6
2.2.2	Farge.....	6
2.2.3	Tekstur.....	8
2.2.4	Muskelspalting og blodflekker.....	9
3	Effekt av fangstsesong og endelig tinetemperatur.....	10
3.1	Materialer og metoder.....	10
3.1.1	Råstoff.....	10
3.1.2	Tining.....	10
3.1.3	Filetering ved ulike tidsintervaller.....	11
3.1.4	Databearbeiding.....	11
3.2	Resultater og diskusjon.....	11
3.2.1	Tining og endelig temperatur ved filetering.....	11
3.2.2	Farge.....	15
3.2.3	Tekstur (fasthet).....	17
3.2.4	Muskelspalting.....	18
3.2.5	Blodflekker.....	19
3.2.6	Vekttap ved tining.....	19
4	Lagringsstabilitet med og uten antioksidant.....	21
4.1	Materialer og metoder.....	21
4.1.1	For-forsøk med antioksidant (AO).....	21
4.1.2	Filetproduksjon og behandling med AO.....	22
4.1.3	Databearbeiding.....	23
4.2	Resultater og diskusjon.....	23
4.2.1	Tining.....	23
4.2.2	Farge.....	25
4.2.3	Tekstur (fasthet).....	28
4.2.4	Muskelspalting.....	29
4.2.5	Blodflekker.....	30
4.2.6	Væskeslipp ved tining.....	30
5	Oppsummering og konklusjon.....	32
6	Litteratur.....	34

Vedlegg A	i
Vedlegg B	ii
Vedlegg C.....	iv

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Ved oppstart av prosjektet ble 95–99 % av all makrell landet i Norge, kun fryst inn rund og eksportert uten noen annen form for prosessering. Den delen av eksporten som gikk til Asia, ble i stor grad prosessert (for hånd) i lavkostland, før den nådde Japan som filet. Norsk pelagisk industri har et ønske om å øke foredlingsgraden for makrell, i Norge. Både for å øke verdiskapningen, men også for å få hånd om biproduktene fra filetproduksjonen, som kan utgjøre mellom 40–50 % av rundvekt. Denne andelen kan utgjøre en betydelig andel av råstoffgrunnlaget for fiskeolje og fiskemelnæringen.

På grunn av høyt lønnsnivå i Norge, må fileteringen skje maskinelt på automatiserte linjer. Det finnes flere filetmaskiner for pelagisk fisk. De som er mest utbredt i Norge, og som brukes til å filetere mer enn 90 % av silda som landes her, er veldig effektive, men ikke designet for å filetere makrell. Det finnes en japansk produsert filetmaskin som er designet for makrell, og som kan lage de kuttene som er vanlige i Japan. Ulempen med den er at den i forhold til de maskinene som brukes til sild, har lav kapasitet (automatiseringsgrad) når det gjelder tilførsel av fisk til maskinen. Dette innebærer at det kreves flere (8) personer for å operere den og den er dermed lite egnet for bruk i dagens norske produksjonslinjer, som er dimensjonert for å ta hånd om mer enn 500 tonn per døgn.

Teknologien som skal ivareta både de nødvendige kvalitetsmessige aspektene, så vel som de ønskede effektivitets og automasjonsmål, er fortsatt under utvikling. I forhold til sild er makrell mer komplisert, rent geometrisk, og det er flere forhold som påvirker muskelkvaliteten (farge, tekstur og filetspalting) som vi per i dag ikke har tilstrekkelig innsikt i.

Siden mesteparten av eksportert makrell har blitt solgt som hel frosset, mangler det dessuten kunnskap om kvalitetsvariasjoner og holdbarhet på filetprodukter. For at industrien skal kunne håndtere disse utfordringene i den utstrekning som kreves for å drive industriell produksjon, må det genereres nødvendig kunnskap som beskriver de viktigste faktorene som påvirker filetkvalitet og holdbarhet. Basert på en slik kunnskap kan man optimalisere de viktigste parameterne og dermed oppnå et best mulig filetprodukt.

1.2 Målsetting

Hovedmål: å optimalisere kvaliteten på makrellfilet gjennom å indentifisere og kvantifisere faktorer som påvirker filetkvalitet og lagringsstabilitet.

Delmål: Dokumentasjon og karakterisering

1. Objektivt beskrive kvalitetsparametere for håndfiletert makrell som per i dag er akseptert i (det japanske) markedet
2. Systematisk undersøke kvalitetsvariasjoner som kan relateres til sesong og endelig tinetemperatur ved filetering
3. Dokumentere kvalitetsendringer gjennom fryselaugring

Delmål: Forbedre filetproduktets lagringsstabilitet

- Undersøke effekten av glasering og prosesshjelpemidler for å forbedre lagringsstabiliteten på makrellfilet

Prosjektet er delt inn i 3 deler. Del 1 kvantifiserer kvalitetsparameterne i dagens fileter som selges i Japan. Del 2 undersøker kvalitetsvariasjonen i makrellfilet, som følge av fangstsesong og endelig tinetemperatur ved filetering. Mens del 3 undersøker lagringsstabiliteten av filetprodukter, effekten av glasering og tilsats av en antioksidant.

2 Kvaliteten av dagens filetprodukter

2.1 Materialer og metoder

2.1.1 Håndfiletert makrell fra Kina

Fem esker med makrellfilet, som var håndfiletert i Kina for det japanske markedet, ble mottatt i juni 2015. Eskene ble fraktet med innpakket tørris, og ankom Nofima i Stavanger i frossen tilstand (ca. -25 °C). Basert på batchnummer på boksen (Bilde 1) ble det undersøkt hvor råstoffet kom fra og når filetene ble produsert i Kina. Råstoffet til filetene var fanget med ringnot i september i 2014, fraktet til Kina og prosessert enten i januar eller april 2015. Etter en rask gjennomgang (Bilde 2 og Bilde 3) ble filetene fotografert i frossen tilstand, tint på 0 °C i 16 timer og deretter på 4 °C i 2 timer før de ble analysert for farge, tekstur, muskelspalting og blodflekker. Saltinnholdet i Kina-fileten var 0,32 % (AOAC 937.09).



Bilde 1 Batchnummer på en av boksene.



Bilde 2 Makrellfilet var singelfryst, glasert og pakket i plastpose.

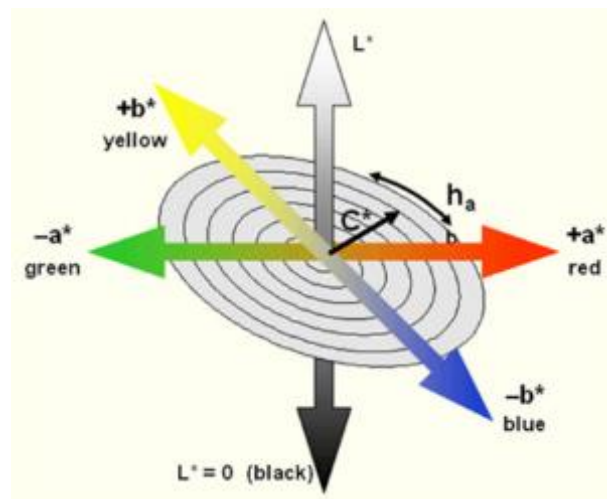


Bilde 3 Gjennomgang av håndfiletert makrellfilet fra Kina.

Målet med denne delen var å undersøke ulike instrumentelle metoders egnethet for å karakterisere kvaliteten på dagens filetprodukter, produsert i Kina. Både for å etablere målekriterier og nivå, slik at filetproduktene som skulle produseres senere i prosjektet kunne sammenlignes med Kina-filetene. Men også for å se på variasjonen i dagens produkter. Kvalitet måles ikke bare i forhold til en gjennomsnittsverdi, men også i forhold til variasjon. Derfor ble det tatt ut og analysert et antall prøver fra hver eske, og resultatene ble sammenlignet.

2.1.2 Fargemåling

Farge ble målt med et kalibrert digitalt bilde-fargemåle-system (DigiEye full system, VeriVide Ltd, Leicester, UK). Makrellfileter ble plassert i en boks med standardisert dagslys (6400 K) og fotografert med et kalibrert digitalkamera (Nikon D80, 35 mm linse, Nikon, Japan). Bildene ble analysert med DigiPix software (VeriVide Ltd, Leicester, UK) og fargen kvantifisert i $L^*a^*b^*$ systemet (der L^* måler lysheten til prøven, a^* spenner fra grønn til rød, mens b^* spenner fra blå til gul). Chroma representerer fargemetningen slik øyet ser det, mens hue lik 0° er en rødlig farge, og hue lik 90° er en gul farge (Figur 1). Resultatet angis som et gjennomsnitt i analysert område (Bilde 4).



Figur 1 Fargediagram med a^* , b^* , L^* , h og C .



Bilde 4 Områdene merket med streker indikerer hvor fargeanalysen ble utført. (sirkel -o), _____(rektangel - □) og --- (omriss av hele fileten (tot))

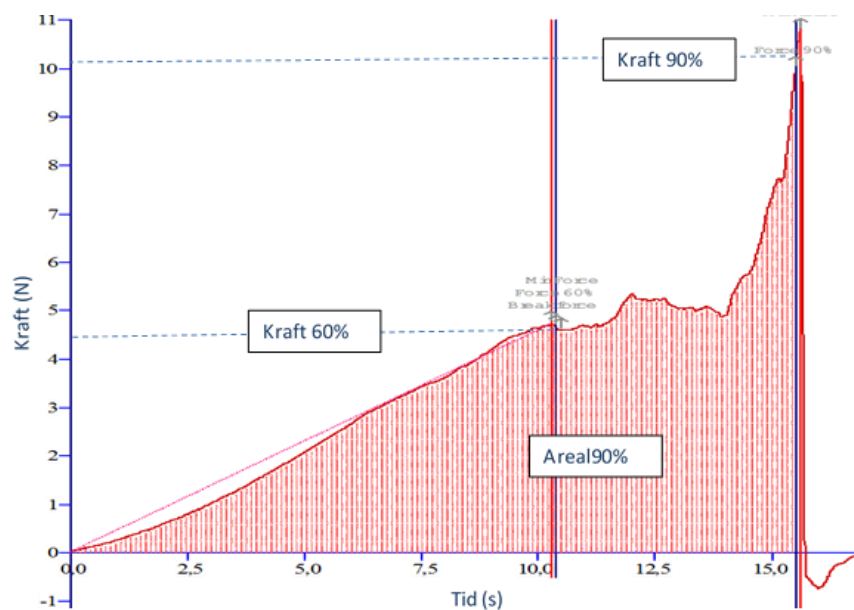
2.1.3 Tekstur

Tekstur av tinte fileter ble målt instrumentelt ved hjelp av Texture-analyser (TAXT2, Stable Micro Systems Ltd) med 5 kg veiecelle. Proben som ble brukt var en sylinder (1/4", P/0,25) som ble presset perpendikulært i forhold til muskelfiberretningen med en hastighet på 1 mm/s på tre steder i ryggfileten, som indikert på Bilde 5. Endepunktet for målingen var ved 90 % av initial filethøyde. Veiecelle som ble brukt var på 5 kg. Tre punkter langs ryggfileten ble målt for hver fisk. Antall fisk fra hver eske (Kina) var n = 12.



Bilde 5 De sorte prikkene viser de tre posisjonene teksturanalysen ble tatt langs filet.

Følgende parametere ble registrert fra den resulterende tid-kraft kurven (Figur 2): Kraft (N) for punktering av fileten overflaten, og kraften målt ved 60 % og 90 % kompresjon (F60 og F90, respektivt). Resultatene ble normalisert etter tykkelse på fileten før analyse.



Figur 2 Tid-kraft kurve fra teksturmåling.

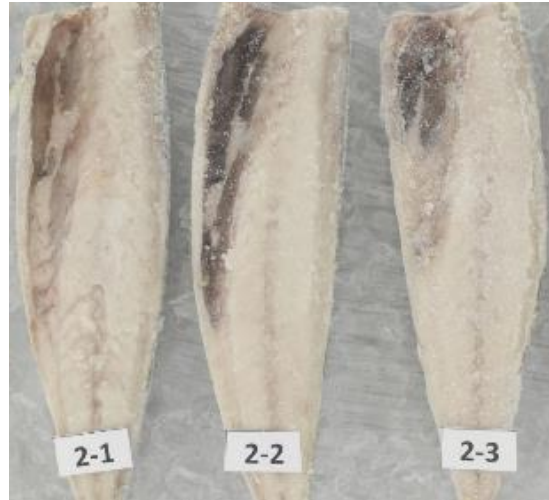
2.1.4 Muskelspalting og blodflekker

Muskelspalting og blodflekker ble registrert i henhold til et evalueringsskjema som ble brukt i NICE (Nordic Innovation Center)-prosjektet «Improved quality and value of Nordic mackerel products for the Global Market» (Vedlegg A).

2.2 Resultater og diskusjon

2.2.1 Variasjon mellom prøvene

Alle filetene ble fotografert i frosset tilstand (Bilde 6) og etter tining (Bilde 7). Man ser at frysingen og glaseringen skjuler flere av filetenes egenskaper; blant annet en del rødhet langs ryggraden og noe filetspalting.



Bilde 6 *DigiEye-bilder (høyoppløselige digitalfotografier tatt med indirekte belysning), av eksempler på frosne fileter (fra Eske 2), før tining.*

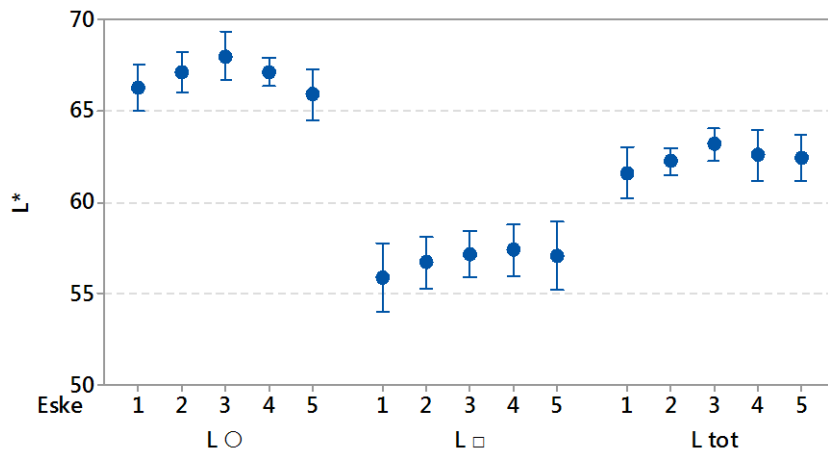


Bilde 7 *Etter tining.*

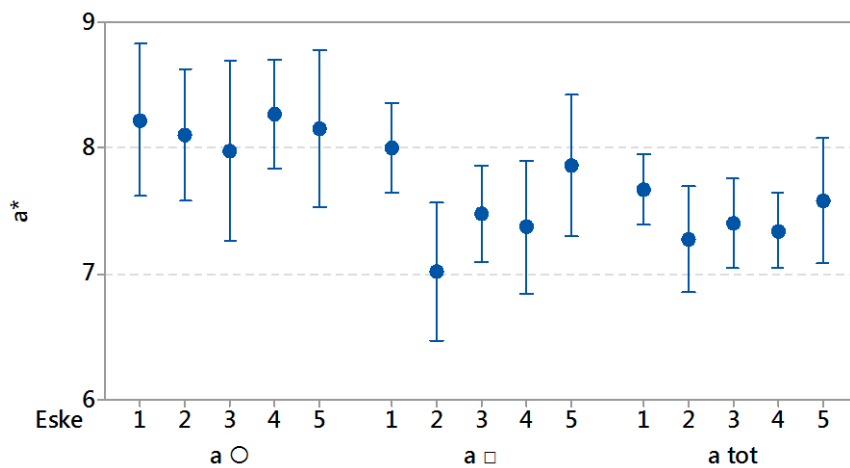
2.2.2 Farge

Resultatene av fargemålingene i alle de undersøkte områdene (sirkel, rektangel og hel filet), er vist i Figur 3-Figur 5. Resultatene viser at de høyeste verdiene måles innenfor sirkelen. Det er også dette området som er mest homogent, med kun muskel i måleområdet. Det rektangelformede området foran på fileten utgjøres av en del muskel og en del bukklapp, med svarthinne. Dessuten har det vist seg ved analyse av maskinfileterte prøver, at man i det øverste området kan få betydelige innslag av blod, som kan påvirke resultatet signifikant – spesielt rødfargen. Svarthinnen utgjør også en betydelig del av hele filetoverflaten, og det faktum at svarthinnens farge varierer betydelig og dessuten at den på de

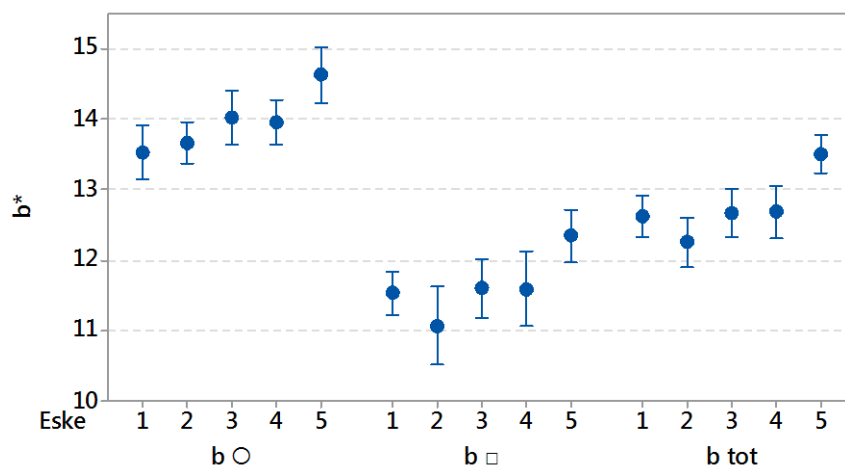
aller fleste fileter er mer eller mindre intakt, medfører at gjennomsnittsverdiene blir lavere – med større variasjon. Basert på resultatene og betraktningene knyttet til dem ble det bestemt at vi i prosjektets videre arbeid kom til å rapportere fargen målt innenfor sirkelen.



Figur 3 Gjennomsnitt av L^* (Lyshet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike måleområdene; a ○ (sirkel), a □ (rektangel) og a tot (hele fileten).



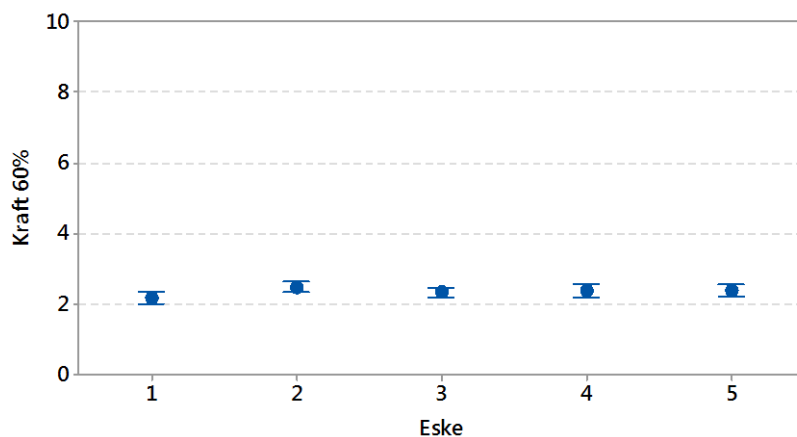
Figur 4 Gjennomsnitt av a^* (rødhet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike måleområdene; a ○ (sirkel), a □ (rektangel) og a tot (hele fileten).



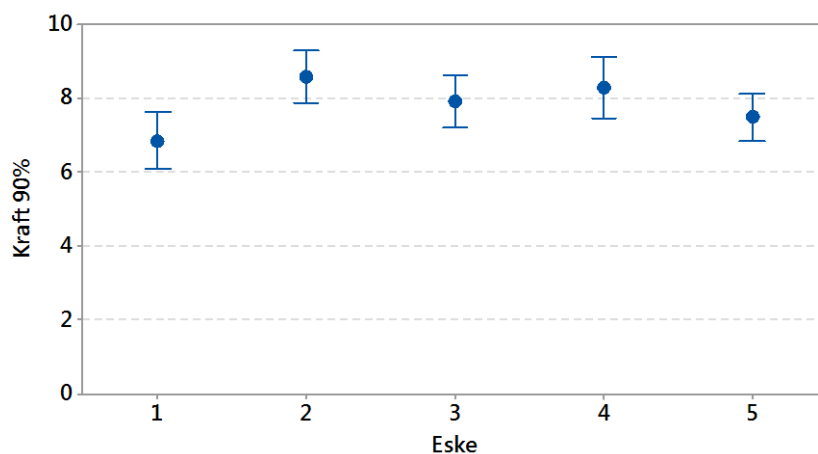
Figur 5 Gjennomsnitt av b^* (gulhet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike måleområdene; a ○ (sirkel), a □ (rektangel) og a tot (hele fileten).

2.2.3 Tekstur

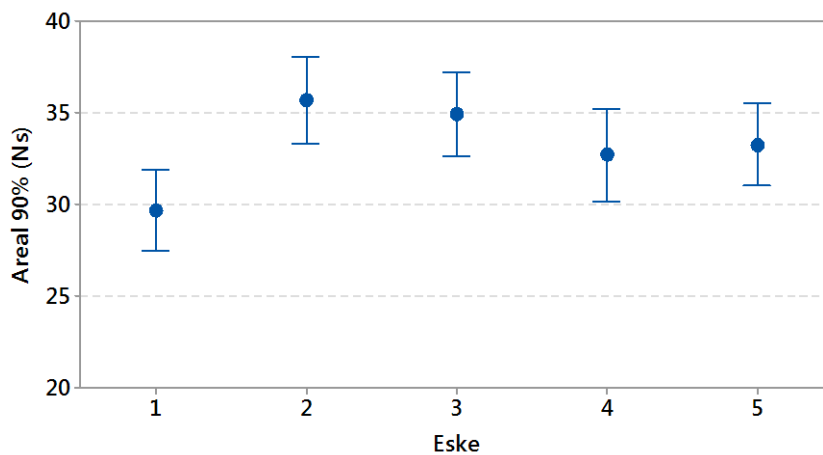
Flere parametere fra teksturmålingen ble undersøkt: Kraft ved 60 og 90 % inntrenging (Kraft 60 % og Kraft 90 %), samt arealet under kurven ved 90 % inntrenging (Areal 90 %). Resultatene er vist i Figur 6- Figur 8.



Figur 6 Gjenomsnitt av kraft ved 60 % inntrenging med konfidensintervall (95 %) i prøver (n = 12) fra de 5 eskene.



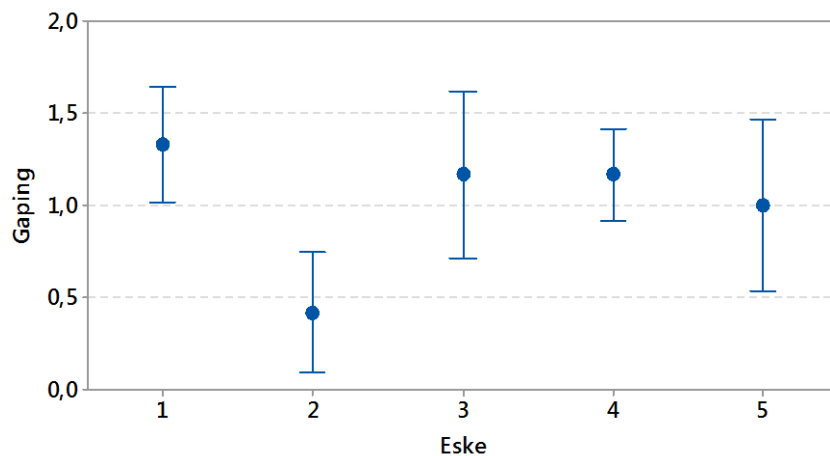
Figur 7 Gjenomsnitt av kraft ved 90 % inntrenging med konfidensintervall (95 %) i prøver (n = 12) fra hver av de 5 eskene.



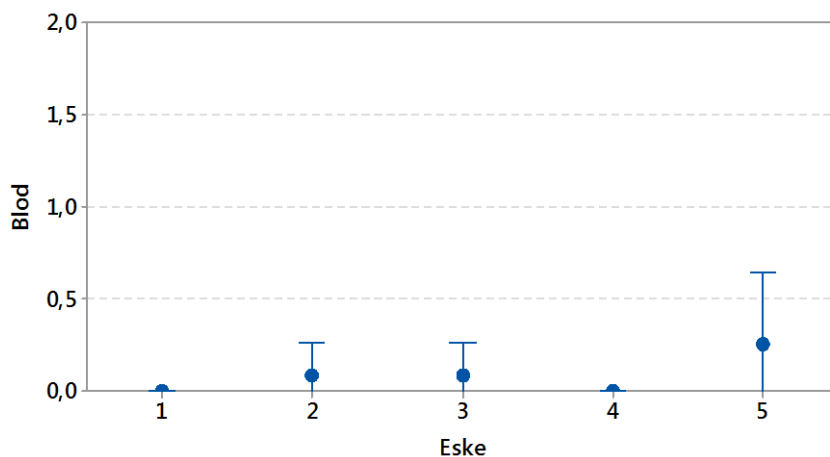
Figur 8 Gjenomsnitt av areal under kurven ved 90 % inntrenging med konfidensintervall (95 %) i prøver (n = 12) fra hver av de 5 eskene.

2.2.4 Muskelspalting og blodflekker

Resultatene av visuell vurdering av muskelspalting (gaping) og blodflekker er vist i Figur 9 og Figur 10. Nivåene av muskelspalting (gaping) er lave i alle eskene, men vesentlig høyere enn det man kan observere i fersk filet. Det er nok sannsynlig at dobbeltfrysingen kan ha en viss effekt på gaping, men vi kjenner ikke til at det foreligger studier av dette. Det viktigste resultatet er at man har etablert nivået (ca. 1 på skalaen), og variasjonen i kommersielle produkter. Som nevnt, skjuler frysing og glasering flere av filetenes egenskaper; blant annet noe filetspalting. Det er også mulig at tineforløp og oppholdstid i tint tilstand kan ha en effekt på muskelspalting, men disse faktorene er ikke undersøkt i dette prosjektet. Det er svært lave nivåer av blodflekker i alle eskene, det forekommer nesten ikke. Så dette er en helt klar parameter som må oppfylles også ved maskinfiletert fisk.



Figur 9 Gjennomsnitt av visuelt bedømt gaping med konfidensintervall (95 %) i prøver (n = 12) fra hver av de 5 eskene.



Figur 10 Gjennomsnitt av visuelt bedømt mengde blodflekker med konfidensintervall (95 %) i prøver (n = 12) fra hver av de 5 eskene.

3 Effekt av fangstsesong og endelig tinetemperatur

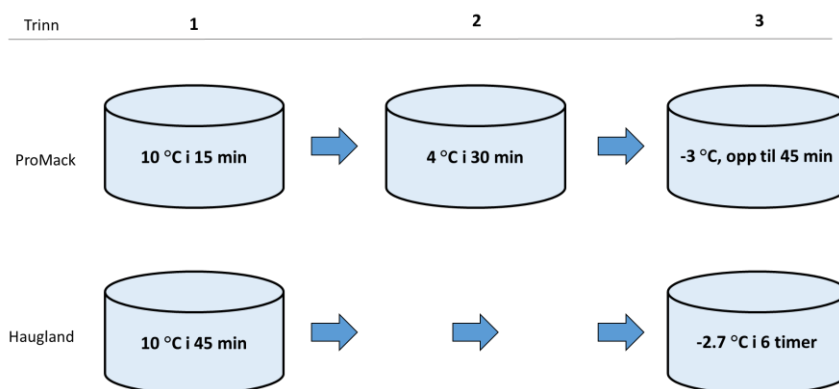
3.1 Materialer og metoder

3.1.1 Råstoff

For å undersøke effekt av fangstsesong ble det brukt to typer fryst råstoff (3–500, 20 kg blokk i kartong) fanget i september og november 2015. Septemberfisken var fanget med not, landet ved mottaket i Selje to dager etter fangst der ferskheten ble vurdert som god ifølge kvalitetskontrollskjemaet som er utarbeidet på mottaket. Trålfanget novemberfisk ble mottatt en dag etter fangst og ferskheten var også god. I dette og i det neste lagringsforsøket (4.1.2) ble effekten av variasjon i lagringstid fram til filetering antatt som ikke-signifikant basert på resultatene i Alinasabhematabadi (2015). Økt fryseskade (målt i relasjon til harskning i fett og protein) i hel makrell ble først observert etter 7 måneder på -30 °C.

3.1.2 Tining

Høsten 2015 ble det utviklet en 3-trinns tinemetode, modifisert etter Haugland (2002) (Figur 11). Modifikasjonen fokuserte først og fremst på å redusere tinetiden, da Haugland-metoden krevde cirka 7 timer, noe som ble sett på som et forbedringspunkt. Den lange tinetiden skyldtes blant annet den første fasen i tiningen, nemlig splitting av frossen blokk. Denne fasen er kritisk for produktkvaliteten. Det brukes en høy temperatur (10 °C), og temperaturen i ytterkanten av fiskeblokken stiger til pluss grader mens kjernetemperaturen fortsatt er cirka -5 °C, for lav til å filetere fisk gjennom den modifiserte Baader-maskinen. Haugland foreslår bruk av løsningsmiddel med høyere frysepunkt. Selv om dette ville vært interessant å se på, ble det ansett for å ligge utenfor prosjektets rammer. Som en løsning på dette ble det besluttet å splitte blokkene manuelt i forkant av tiningen, ved å slippe dem cirka 1 meter rett ned på betong-gulvet. Denne manuelle splittingen brukes blant annet av japanske inspektører, og vi opplevde at få fisk fikk ytre skade når splittingen ble gjort skånsomt.

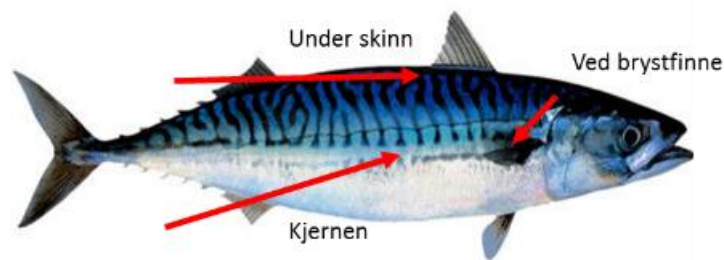


Figur 11 3-trinns tinemetode i ProMack, modifisert etter Haugland (2002).

Under tiningen ble det registrert kjernetemperatur og temperatur like under skinnet (E-ValFlex, Ellab AS, Danmark). Det var ikke mulig å stikke temperaturproben under skinnet mens fisken fortsatt var frossen. Det ble derfor besluttet å omplassere 4 av de 9 temperaturprobene fra kjernen til under skinnet når fisken ble flyttet over til kar 2 fra kar 1. Probe 10 registrerte temperaturen i vannet.

3.1.3 Filetering ved ulike tidsintervaller

Det ble tatt ut 4–5 fisk fra kar 3 ved 10–15 minutters intervaller (Figur 15 og Figur 16), de ble filetert i en Baader 21-filetmaskin, modifisert etter japan-cut. Denne modifiseringen ble utført i løpet av høsten 2015, i forkant av forsøket og etter ønske fra en kunde. Like før filetering ble det registrert temperatur i kjernen, under skinnet og ved brystfinnen (Figur 12) med et håndholdt termometer. Fortløpende, etter filetering, ble filetene fra hver fisk fotografert, plassert på et plastbrett og singelfryst umiddelbart ved $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ med skinnsida opp. Dagen etter ble to fileter av hver fisk pakket i en plastpose uten glasering. Før transport ble filetene vakuumpakket. Filetene ble analysert for vekttap, farge, muskelpalting og tekstur etter ankomst i Nofima, 9 dager etter filetproduksjonen.



Figur 12 De røde pilene viser hvor temperaturprobene ble satt inn i fisken.

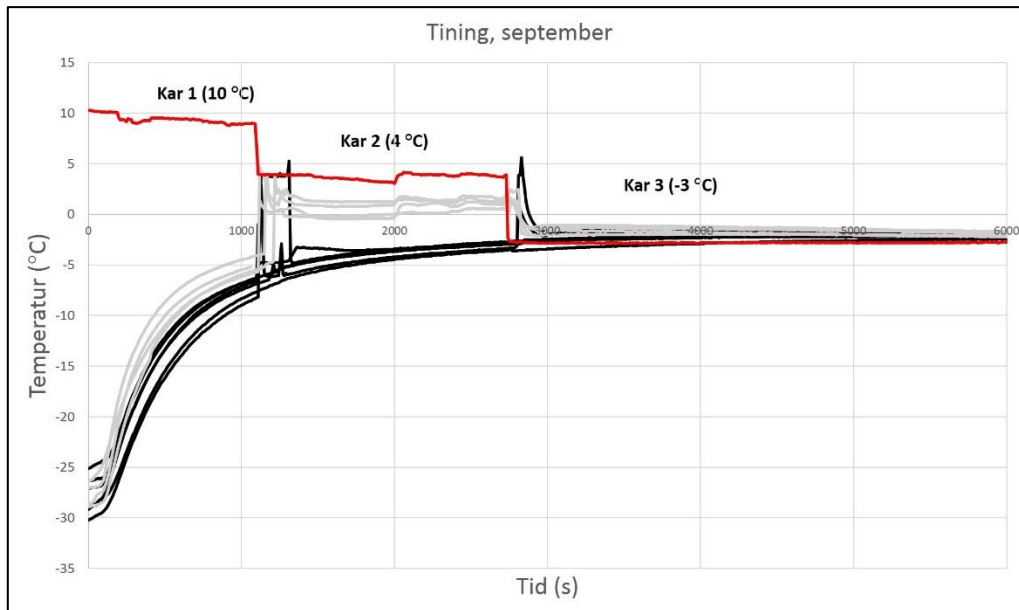
3.1.4 Databearbeiding

Normaliteten ble testet med Kolmogorov-Smirnov test ($p < 0,05$). Ikke-parametrisk test Kruskal-Wallis ANOVA og Mann-Whitney U-test ble benyttet for å teste signifikans mellom september- og novemberfiletene, og mellom de ulike tineseriene innen hver gruppe, samt sammenligning med Kina-filetene. De signifikante resultatene ble deretter testet i post-hoc-test i henhold til Siegel & Castellan (1988). Teksturdata ble normalisert etter prøvehøyde i forkant av analyse. For sammenligning med norsk filet ble 36 Kina-fileter fra ekse 1, 3 og 5 (12 fileter per eske) analysert for kvalitetsparameterne.

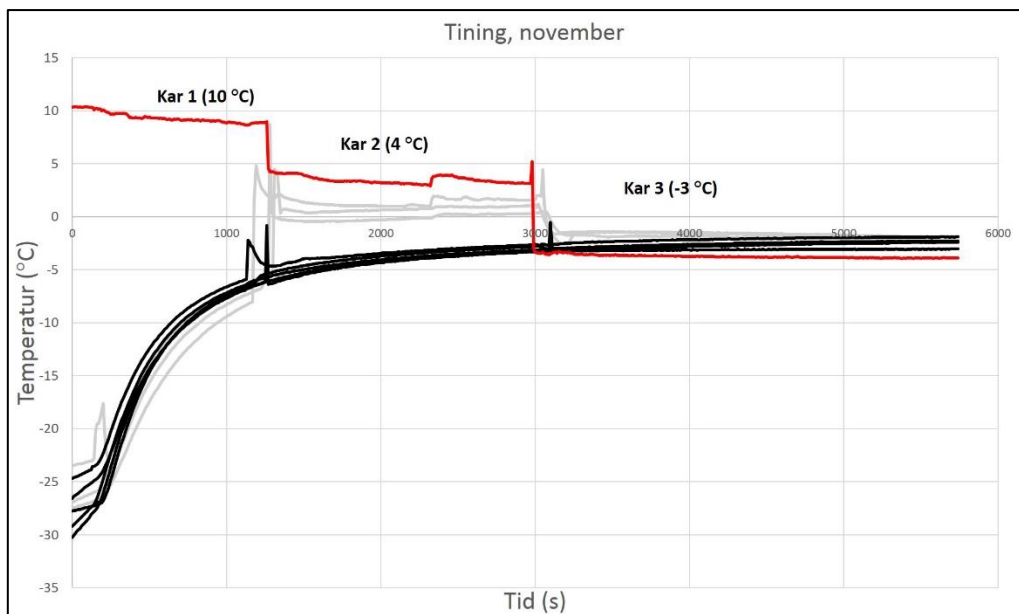
3.2 Resultater og diskusjon

3.2.1 Tining og endelig temperatur ved filetering

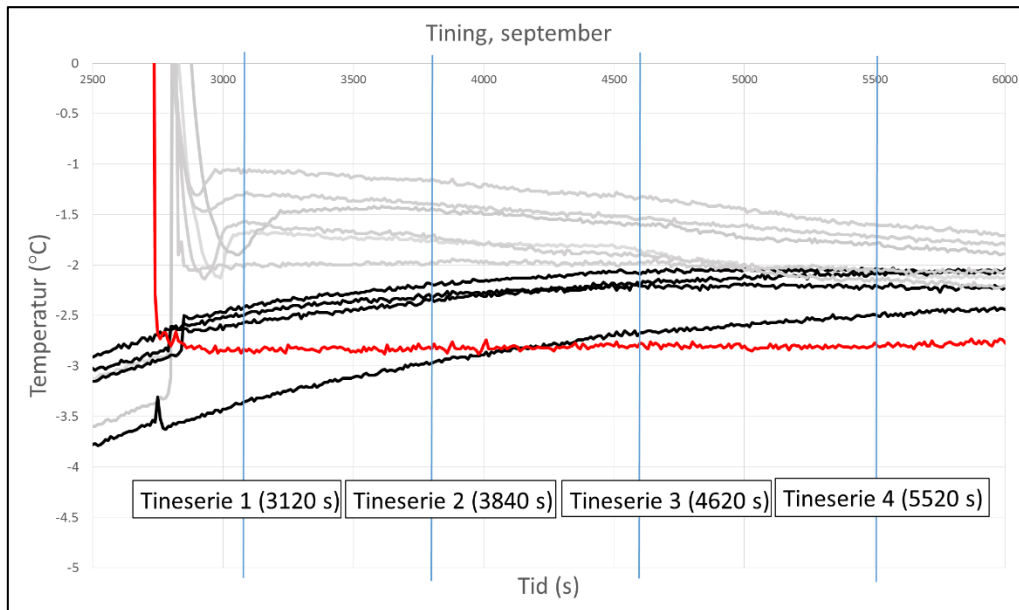
Kjernetemperaturen i september- og novemberfisken var henholdsvis $-27,8 \pm 1,6$ og $-26,9 \pm 2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ved starten av tiningen. Figur 13 og Figur 14 viser temperaturutviklingen gjennom tiningen. I løpet av de første 15 minuttene i kar 1 ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$) steg kjernetemperaturen til $-7,42 \pm 1,46\text{ }^{\circ}\text{C}$ for septemberfisken og $-8,41 \pm 0,89\text{ }^{\circ}\text{C}$ for novemberfisken. Temperaturen under skinnet var på dette tidspunktet oppe i plussgrader ($1,3\text{--}1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) og stabiliserte seg på $+1,5$ til $1,3$ grader i de neste 30 minuttene, det vil si lite temperaturendring fant sted under skinnet i kar 2, som hadde en temperatur på $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kjernetemperaturen, derimot, fortsatte å stige mot cirka $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kar 3 fungerte som stabiliseringskar, der kjernetemperaturen fortsatte å stige mot $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens muskelen under skinnet ble kjølt ned gradvis mot samme temperatur (Figur 15 og Figur 16).



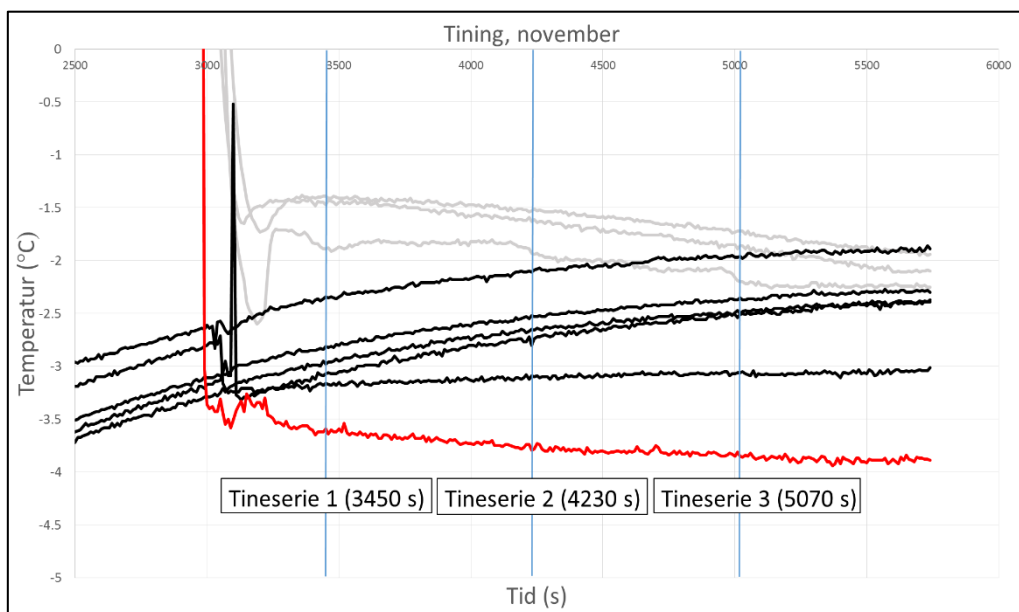
Figur 13 Temperaturutvikling i kjernen og under skinn for septemberfisken. Den røde linjen viser vanntemperaturen i de 3 tinekarene. Både de sorte og grå linjene viser kjernetemperaturen i kar 1, mens i kar 2 og 3 viser de grå linjene temperaturen under skinn.



Figur 14 Temperaturutvikling i kjernen og under skinnen for novemberfisken. Den røde linjen viser vanntemperaturen i de 3 tinekarene. Både de sorte og grå linjene viser kjernetemperaturen i kar 1, mens i kar 2 og 3 viser de grå linjene temperaturen under skinn



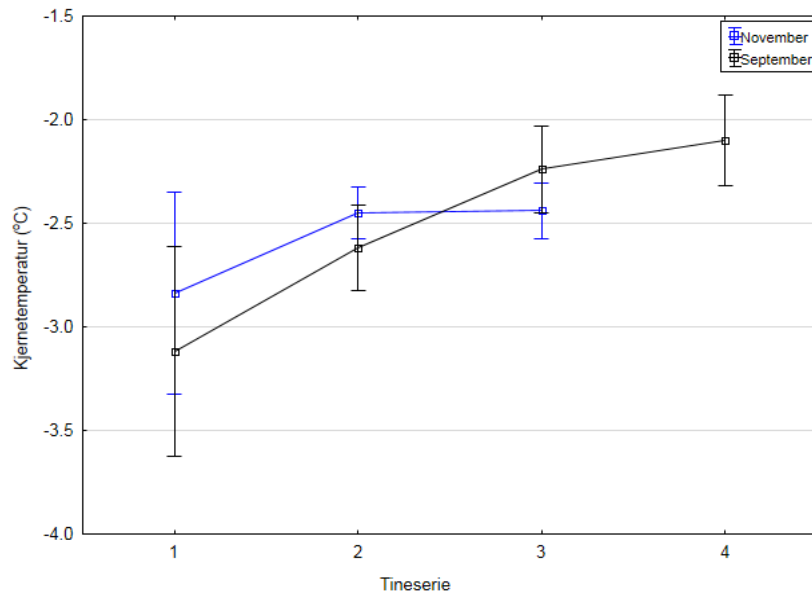
Figur 15 Temperaturutvikling i kjernen og under skinn i kar 3 for septemberfisk. De blå vertikale linjene viser de ulike punktene (tineserie) hvor 5 fisk ble tatt ut fra karet til filetering. Den røde linjen viser vanntemperaturen. De sorte linjene viser kjernetemperaturen, mens de grå linjene viser temperaturen under skinn.



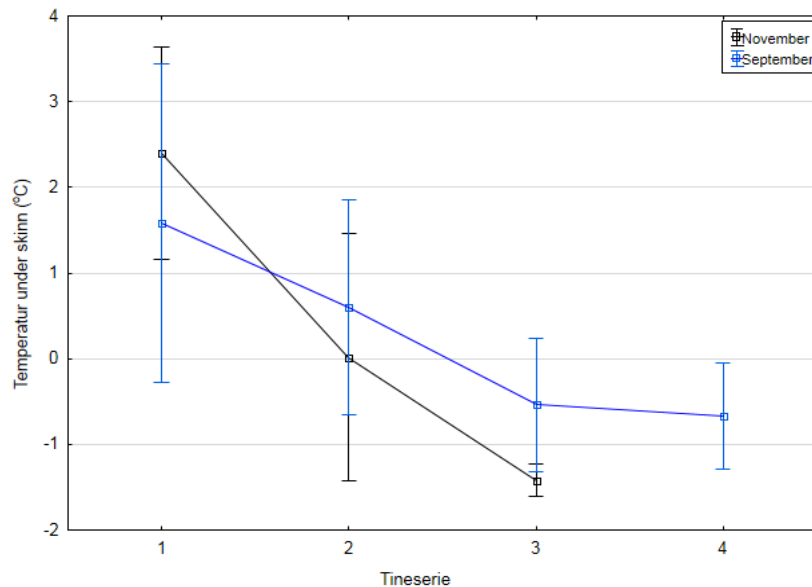
Figur 16 Temperaturutvikling i kjernen og under skinn i kar 3 for septemberfisk. De blå vertikale linjene viser de ulike punktene (tineserie) hvor 5 fisk ble tatt ut fra karet til filetering. Den røde linjen viser vanntemperaturen. De sorte linjene viser kjernetemperaturen, mens den grå linjene viser temperaturen under skinn.

Under utviklingsfasen ble det klart at temperaturkontrollen er avgjørende for resultatet av maskinell filetering med Baader. Med for høy temperatur fikk filetene bløt overflate og mye spalting. Med for lav temperatur fikk fisken ytre skader på skinnen gjennom filetmaskinen. For de fleste filetene lå innvollene igjen i bukhinnen etter filetering og måtte fjernes manuelt.

Kjernetemperaturen (Figur 17) og temperaturen under skinnet (Figur 18) ble målt i hver fisk med det håndholdte termometeret, like før filetering ved de ulike tineseriene (Figur 15 og Figur 16). Figurene viser at kjernetemperaturen fortsatte å stige gjennom de ulike tineseriene, mens temperaturen under skinnet avtok gradvis med tiden. Temperaturen nær brystfinnen lå mellom $-2,0$ og $-1,6$ °C med lite endring gjennom tiningen. Variasjonen mellom fiskene var størst på de to første tineseriene, og de registrerte temperaturene var høyere enn den som vises i Figur 15 og Figur 16, spesielt temperaturen under skinnet. Dette kan skyldes at temperaturen i denne delen av muskelen endret seg raskt når den ble flyttet fra tinekaret og ut i luft, mens fiskene ble filetert enkeltvis.



Figur 17 Gjennomsnittlig kjernetemperatur ($N = 5$) målt like før filetering på de ulike tineseriene.



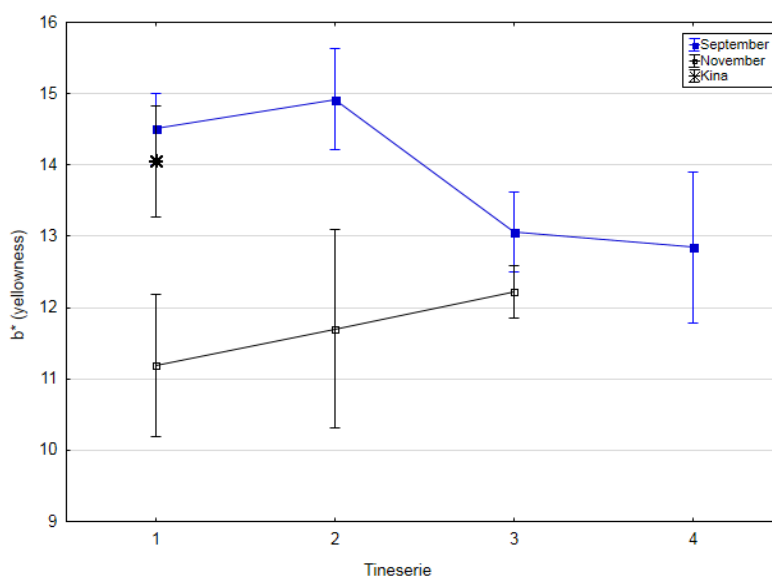
Figur 18 Gjennomsnittlig temperatur under skinn ($N = 5$) målt like før filetering på de ulike tineseriene.

3.2.2 Farge

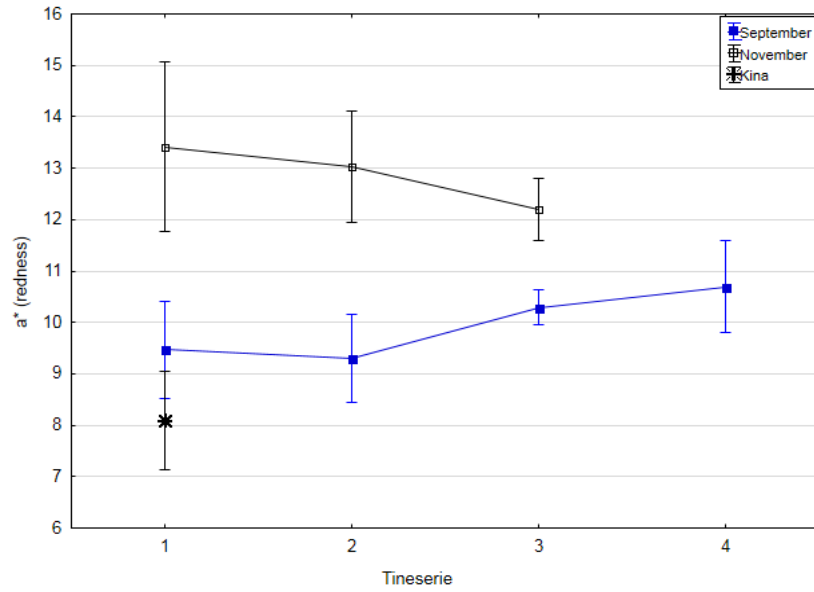
Resultatene for farge samsvarer godt med den generelle oppfatningen om at det er kvalitetsforskjell på råstoff mellom not- og trålfanget makrell. På grunn av blant annet fangstmetode var trålfanget novemberfilet rødere enn notfanget septemberfilet og Kina-filet ($p < 0,01$). Septemberfileten og Kina-fileten var også gulere ($p < 0,01$) og lysere ($p < 0,01$) enn novemberfileten. Kina-fileten var mindre rød enn september- ($p < 0,01$) og novemberfileten ($p < 0,01$). Dette kan skyldes prosesstrinnene i filetproduksjon. Filetene ble ikke vasket etter filetering, noe som kan ha ført til at blodrester fra innvollene lå igjen på filetoverflaten og påvirket fargeanalysen. Hele filetproduksjonen ble i hovedsak gjort manuelt, bortsatt fra selve fileteringen, og dette kan naturlig nok også ha bidratt til variasjonen i sluttproduktet. Mest sannsynlig på grunn av lagring (7 måneder i snitt) var fargen på Kina-fileten mer mettet (C-verdi) enn på september- ($p = 0,01$) og novemberfileten ($p < 0,01$). Hue-verdiene (totalfargen) for de tre gruppene var ulik, hvor Kina-fileten var høyest, deretter september- og til slutt novemberfileten ($p < 0,01$).

Filetfargen på novemberfileten så ikke ut til å bli påvirket av selve tineprosessen og tine-temperaturene ($p > 0,05$). For septemberfileten ser vi imidlertid en signifikant forskjell i b^* (gulhet) mellom tineserie 2, og 3 ($p = 0,04$) og 4 ($p = 0,04$), i tillegg til hue (totalfargen) mellom tineserie 2 og 4 ($p = 0,04$). Om dette skyldes tiningen, temperaturen ved filetering eller råstoffkvaliteten er det vanskelig å si, med bare 5 fisk analysert for hver tineserie. Det er mulig at tiningen og temperaturen ved filetering ikke i like stor grad påvirket fargen på septemberfileten, som novemberfileten, og at fargeforskjellen hovedsakelig skyldes råstoff og variasjonen i farge som fantes innen samme batch for septemberfisken.

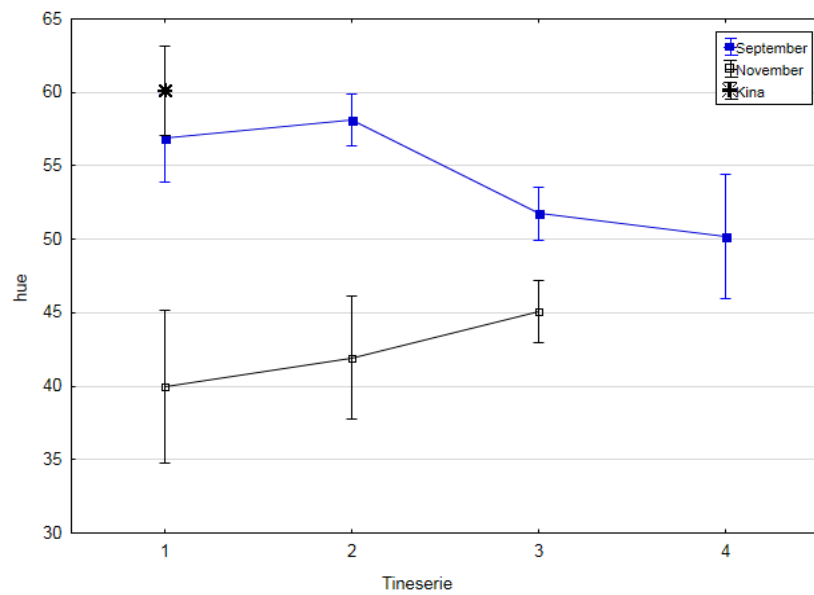
Om dette stemmer er det et funn som støtter tidligere studier som også observerte stor individuell variasjon i råstoffkvalitet innen samme batch (Falch *et al.*, 2006, Duinker & Pedersen, 2014). Graden av råstoffvariasjonen i makrell i dette prosjektet tilsvarer endringen (misfarging) observert under fryselagring av filet (f.eks. 2 enheter på b^* -verdi). Disse resultatene tyder på stor variasjon i råstoffkvaliteten, og at for makrell kan et parvis forsøksoppsett være et godt alternativ om man skal undersøke effekten av for eksempel et AO eller et prosesstrinn på produktkvaliteten av makrellfilet.



Figur 19 Gjennomsnitt av b^* (gulhet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike tineseriene for septemberfilet (blå linje), novemberfilet (sort linje) og Kina-filet (sort stjerne) som vises på tineserie 1.



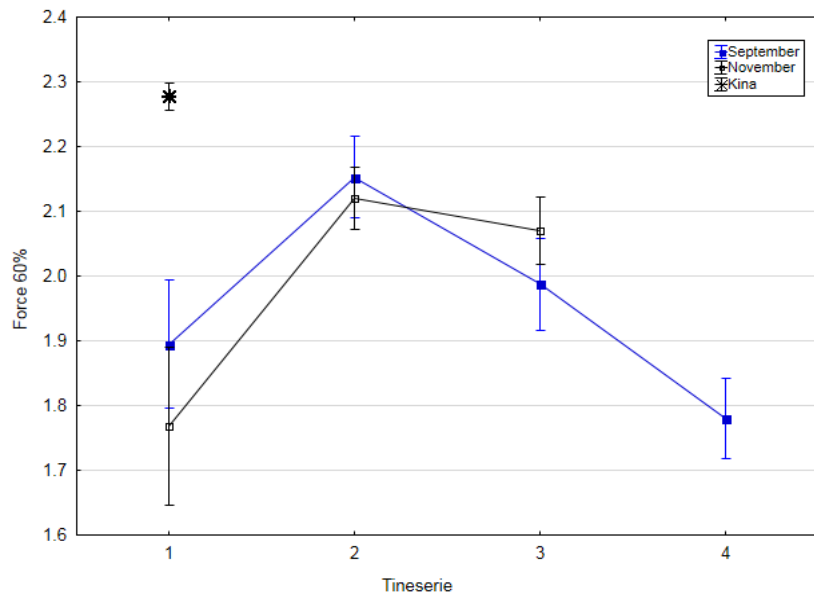
Figur 20 Gjennomsnitt av a^* (rødhet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike tineseriene for septemberfilet (blå linje), novemberfilet (sort linje) og Kina-filet (sort stjerne) som vises på tineserie 1.



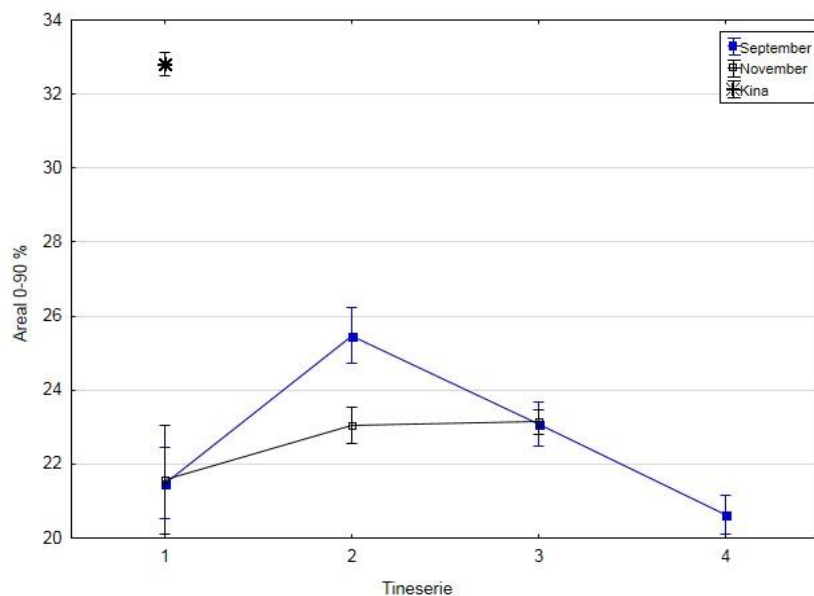
Figur 21 Gjennomsnitt av hue (total farge) med konfidensintervall (95 %) på de ulike tineseriene for septemberfilet (blå linje), novemberfilet (sort linje) og Kina-filet (sort stjerne) som vises på tineserie 1.

3.2.3 Tekstur (fasthet)

Kina-fileten var fastere enn september- og novemberfileten ($p < 0,01$), noe som kan tyde på at fastheten øker med lagring. Fastheten på september- og novemberfileten var lik målt på kraft 60 % ($p = 0,11$) (Figur 22). Novemberfileten produsert på tineserie 2 og 3 var fastere enn fileten produsert på tineserie 1 ($p < 0,01$), mens septemberfileten viste en avtagende trend i fastheten ved økt tid i kar 3. Analyse ved Areal 0–90 % (Figur 23) viste tilsvarende resultater.



Figur 22 Gjennomsnittlig fasthet målt på 60 % trykkraft med konfidensintervall (95 %) på de ulike tineseriene for septemberfilet (blå linje) og novemberfilet (sort linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som vises på tineserie 1.

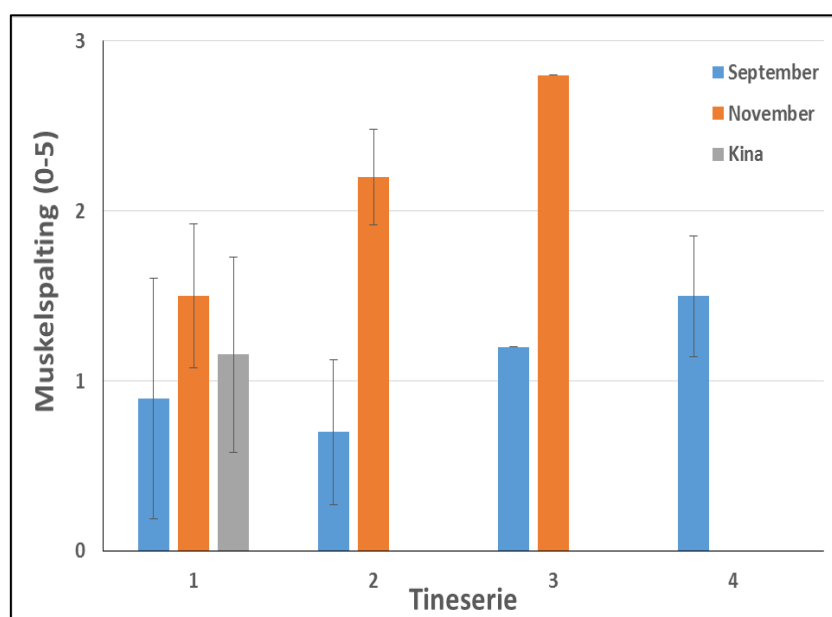


Figur 23 Gjennomsnittlig fasthet målt på Areal 0–90 % med konfidensintervall (95 %) på de ulike tineseriene for septemberfilet (blå linje) og novemberfilet (sort linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som vises på tineserie 1.

3.2.4 Muskelspalting

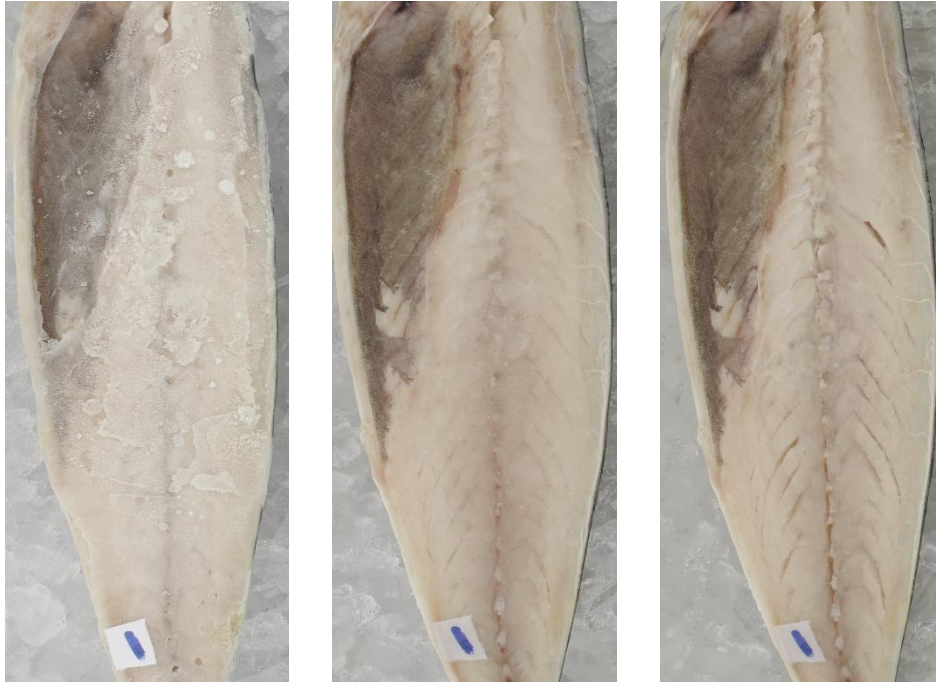
Det ble registrert muskelspalting på både høyre og venstre filet for å avdekke om innstillingen på filetmaskinen belastet sidene ulikt. Statistisk test med Wilcoxon-test viser at det ikke var tilfelle for september- ($p = 0,30$) eller novemberfileten ($p = 0,32$). Novemberfileten hadde i snitt mer filetspalting enn septemberfileten ($p < 0,01$). Graden av muskelspalting i septemberfileten i snitt var lik som i Kina-fileten ($p > 0,05$). Tiningen så ikke ut til å påvirke spalting for september- ($p = 0,14$), mens i novemberfileten var det økende trend i spalting i venstre filet ($p = 0,03$), men ikke i høyre filet ($p = 0,18$).

Det ble observert at overflatene på fileten like etter filetering var fin for både not- (september) og trålfanget fisk (november), forutsatt at temperaturkontrollen i tiningen var gjort riktig (Vedlegg B). Det er først etter frysing, lagring og tining man ser kvalitetsforskjell knyttet til råstoff.



Figur 24 Gjennomsnittsscore (inkl. venstre og høyre filet) for muskelspalting med standardavvik (0–5) på de ulike tineseriene for septemberfileten (blå stolpe), novemberfileten (oransje) og Kina-fileten (grå) som vises på tineserie 1.

Det ble også observert at overflateegenskaper på makrellfilet endrer seg stadig under tining etter hvert som temperaturen stiger (Bilde 8). Evalueringen av muskelspalting påvirkes i stor grad av temperaturen i fisken, i tillegg til at råstoff, prosesstrinn, frysehastighet, lagring og tining alle bidrar til sluttkvalitet. Det er viktig å standardisere temperaturen ved analysen for at resultatene skal bli sammenlignbare mellom forsøkene. I dette prosjektet var temperaturen i fisken 4–5 °C, slik at resterende is fra glasering ikke skulle påvirke analyse som tekstur.



Bilde 8 Muskelspalting blir gradvis mer synlig i løpet av tiningen.

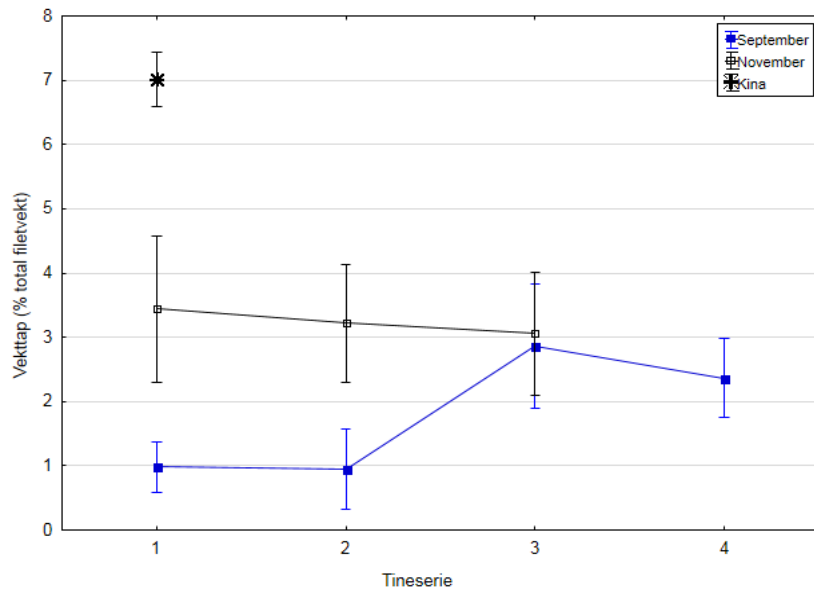
3.2.5 Blodflekker

Det ble funnet lite blodflekker i både norsk og Kina-filet med snitt henholdsvis på $0,050 \pm 0,22$ for septemberfileten; $0,62 \pm 0,72$ for novemberfileten; $0,12 \pm 0,42$ for Kina-fileten.

3.2.6 Vekttap ved tining

Den norske september- og novemberfileten ble ikke glasert, og hadde dermed lavere væsketap ($p < 0,01$) ved tining sammenligning med Kina-fileten ($7,01 \pm 1,23$ %). Novemberfileten tapte i snitt $3,2 \pm 0,81$ % vekt, og tiningen og temperaturen ved filetering påvirket ikke resultatene med væskeslipp ($p = 0,95$). Væsketapet for septemberfileten var lavere enn novemberfileten ($1,73 \pm 0,56$ %). Det var signifikant mindre væskeslipp fra septemberfileten på de første to tineseriene ($p < 0,01$), men ikke på serie 3 ($p = 0,6$), der væsketapet fra septemberfileten ble like stort som væsketapet fra novemberfileten.

Som de fleste parameterne (farge, fasthet og spalting) undersøkt i dette prosjektet er det vanskelig å trekke en konklusjon om dette skyldes selve tiningen, råstoffet eller andre faktorer som spilte inn og som ikke ble undersøkt. Det at tiningen ikke viste noen effekt på muskelspalting, støtter ikke hypotesen om at den lengre tinetiden i kar 3 resulterte i større væskeslipp. På den annen side har Haugland (2002) vist at tinetemperaturen har betydning for vannopptak, utbytte ved håndfiletering, trimming og frysing, i tillegg til vekttap ved tining av filetene, da han undersøkte effekt av tinetemperaturene mellom -1 og -5 °C. Effekt av tinetid og saltkonsentrasjon på disse parameterne er ikke enda tilstrekkelig undersøkt for makrell.



Figur 25 Gjennomsnittlig vekttap i prosent av total filevekt med konfidensintervall (95 %) på de ulike tineseriene for septemberfileten (blå linje), novemberfileten (sort linje) og Kina-fileten (sort stjerne) som vises på tineserie 1.

4 Lagringsstabilitet med og uten antioksidant

4.1 Materialer og metoder

4.1.1 For-forsøk med antioksidant (AO)

Det har vært mye diskusjon knyttet til syntetiske antioksidanter i de senere år. I EU klassifiseres disse som tilsetningsstoffer, og må deklarerer. Dette har medført at naturlige antioksidanter har inngått i en rekke studier. Mange kryddere og urter har vist antioksidativ effekt i ulike matvarer, og rosmarin er blant dem som har vist høy antioksidativ effekt. Antioksidanten som ble benyttet i dette prosjektet er StabilEnhance OSR 5 (NATUREX, Frankrike), et AO-agent som inneholder rosmarinekstrakt. Rosmarinekstrakt har vist dokumenterbar redusert oksidasjon og økt holdbarhet i makrellburgere (Uçak *et al.*, 2011). Dessuten er det et tilsetningsstoff som kan brukes i alle markeder, noe som var viktig for Pelagia. StabilEnhance OSR 5 ble valgt i dialog med produsenten, etter at bruksområde (fisk) og påføringsmetode (dypping i vandig løsning) ble beskrevet. Rosmarinekstrakt er i utgangspunktet fettløselig, men dette produktet er vannløselig og dermed egnet for formålet.

Før vi gikk i gang med hovedforsøket med rosmarinekstrakt, ble det gjennomført et for-forsøk. Hensikten med for-forsøket var å teste sensorisk sensitivitet hos forbrukere ved bruk av 1 eller 2 % AO i glaseringsløsning for makrellfilet, men ikke å optimalisere konsentrasjonsnivå med henhold til holdbarhet og smak. Denne delen av forsøket kunne vært et eget prosjekt. Det er mange tilsetningsstoffer som kan fungere som antioksidanter, og tilføringstidspunkt, metode og konsentrasjon kan være avgjørende for effekten.

Etter tining ved 0 °C ble makrellfileten delt i 3 grupper; ubehandlet (kontroll), 1 % AO og 2 % AO. Det ble i forkant laget en 10L saltlake (5,3 % salt) til hver gruppe, hvorav to fikk tilsatt antioksidant like før bruk slik at AO-konsentrasjon i løsningen ble henholdsvis 1 % og 2 %. Filetene ble dyppet i løsningene i 10 sekunder. Temperaturen i saltlake var $-1,9 \pm 0,74$ °C, mens temperaturen i fisken var $4,8 \pm 0,07$ °C før dypping. Etter behandling ble filetene plassert på et metallbrett med skinnsida ned, dekket med plast og fryst ved -40 °C.

Etter 3 dager ble filetene tatt ut av fryseren og lagt til tining på 0 °C. Det ble gjennomført en triangeltest på de ulike variantene av smakspanelet til Nofima, Stavanger. Til prøver ble bukhinne og brystfinne fjernet fra fileten, og muskelen i midten ble deretter delt i 5 små segmenter på cirka 1–1,5 cm i bredden. Hvert segment ble plassert i en skål og dampkøkt i 4 minutter på 80 °C¹. I triangeltesten ble hver sensorisk dommer servert en serie med 3 makrellprøver, hvor utseende, smak og lukt ble vurdert. Smaksvurderingen ble gjort med hvitmuskel (uten skinn og rødmuskel).

Formålet med denne testen var å undersøke om det kunne være signifikant forskjell på makrellfilet etter ulik behandling med og uten AO. Denne typen test sier ikke noe om hva som utgjør en eventuell forskjell, bare om det ble funnet forskjeller. Det var forskjell innen smak som skulle vurderes i dette forsøket. Dommerne fikk servert 3 prøver (et triangel), hvorav to var like og en ulik. Det var den ulike prøven dommerne ble bedt om å finne. Hvis alle prøvene ble oppfattet som like, ble man tvunget til å

¹ Denne kokemetoden ble valgt etter for-testing av 4 ulike tid-/temperaturkombinasjoner: 4 minutter og 5 minutter på 70 °C og 80 °C.

velge en som den ulike. Dommerne fikk servert 3 runder med prøver innen hver omgang, hvor kombinasjonen av prøvene ble randomisert.

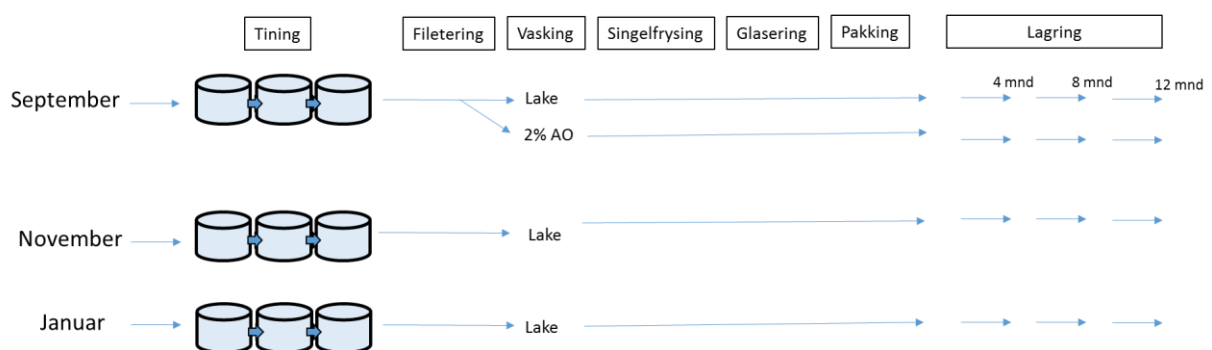
1. omgang Ubehandlet mot Lake-1
2. omgang Ubehandlet mot Lake-2
3. omgang Lake-1 mot Lake-2

Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell mellom de tre gruppene, og det ble derfor besluttet å bruke 2 %-løsning for forsøket videre.

4.1.2 Filetproduksjon og behandling med AO

I tillegg til effekten av AO ble effekten av fangstsesong undersøkt med frosset råstoff (3–500, 20 kg blokk i kartong) fra fangst i september og november som i det tidligere forsøket (3.1.1) i tillegg til fisk fra januar 2015. Januarfisken var fanget med trål og produsert på fabrikken i Selje 3 dager etter fangst. Ferskheten ble vurdert som god ved mottak. Tining og filetproduksjonen ble gjennomført i februar 2016, etter 5, 3 og 1 måned(er) i fryselagring ved $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, henholdsvis. Fisken ble tint i 3-trinnetoden (3.1.2) før filtrering i modifisert Baader 21. Kjernetemperaturen ble registrert ($N=8$) under tiningen (Bilde 9) og før filetering. Kjernetemperaturen målt før filetering med den håndholdte termometeren var $-1,6 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($N = 5$) i snitt. Holdetiden i kar 3 var satt til 20 minutter i dette forsøket.

Fisk fra fangst i september ble delt i to grupper, hvor filet fra den ene gruppen ble dyppet i kar 3 i 10 sekunder og de fra den andre gruppen i sjøvann ($-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) med 2 % AO (Bilde 10) i 10 sekunder. Filetene fra november og januar ble dyppet i kar 3 i 10 sekunder. Filetene ble deretter lagt på en Brett med plast under og plassert i fryseren på $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dagen etter produksjonen ble filetene glasert i ferskt vann på $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 3 sekunder og pakket i 10 kg kartonger, cirka 40 fileter i hver. Etter ankomst i Stavanger ble filetene lagret i fryselager ved Bring Terminal, Tananger ($-22,1 \pm 1,03\text{ }^{\circ}\text{C}$, registrert i perioden 22.06-07.07.2016) og analysert etter 0, 4, 8, og 12 måneder (Figur 26) for vekttap, farge, tekstur, gaping og blodflekker.



Figur 26 Arbeidsflyten i filetproduksjon. September (med og uten AO), november- og januarfileten ble førstegangsanalysert 20, 24 og 27 dager etter filetering henholdsvis (M0). Det neste uttaket på M4 ble tatt etter 135 dager, mens M8 ble tatt ut 253–260 dager etter filetering. Det siste uttak på M12 ble tatt etter 345 dager i fryselagring.



Bilde 9 Kjernetemperaturen ble registrert gjennom tining.



Bilde 10 Halvparten av septemberfileten ble behandlet med lake blandet med 2 % AO som inneholdt rosmarinekstrakt.

4.1.3 Databearbeiding

Normaliteten ble testet med Kolmogorov-Smirnovtesten ($p < 0.05$). Ikke-parametrisk test Kruskal-Wallis ANOVA ble benyttet for å teste signifikans mellom september-, november- og januarfileten, og mellom de ulike lagringstidene innen hver gruppe, samt for sammenligning mot Kina-fileten. Effekt av AO på septemberfileten ble testet med Mann-Whitney U-test. De signifikante resultatene ble deretter testet i post-hoc-test i henhold til Siegel & Castellán (1988). Teksturdata ble normalisert etter prøvehøyde i forkant av analysen. Til sammenligning mot norsk fileten ble 36 Kina-fileter fra ekse 1, 3 og 5 (12 fileter per eske) analysert for kvalitetsparameterne.

4.2 Resultater og diskusjon

4.2.1 Tining

I dette forsøket ble tiningen gjort i 3 trinn på den samme måten som det forrige forsøket (Figur 11). Kjernetemperaturen målt ved filetering var $-2,2 \pm 0,27$ °C for septemberfisker; $-2,7 \pm 0,36$ °C for septemberfisker med AO; $-2,4 \pm 0,41$ °C for novemberfisker; $-2,3 \pm 0,33$ °C (Figur 27 og Figur 28). Ikke stor temperaturforskjell sammenlignet med tidligere forsøk med tining (3.1.2).

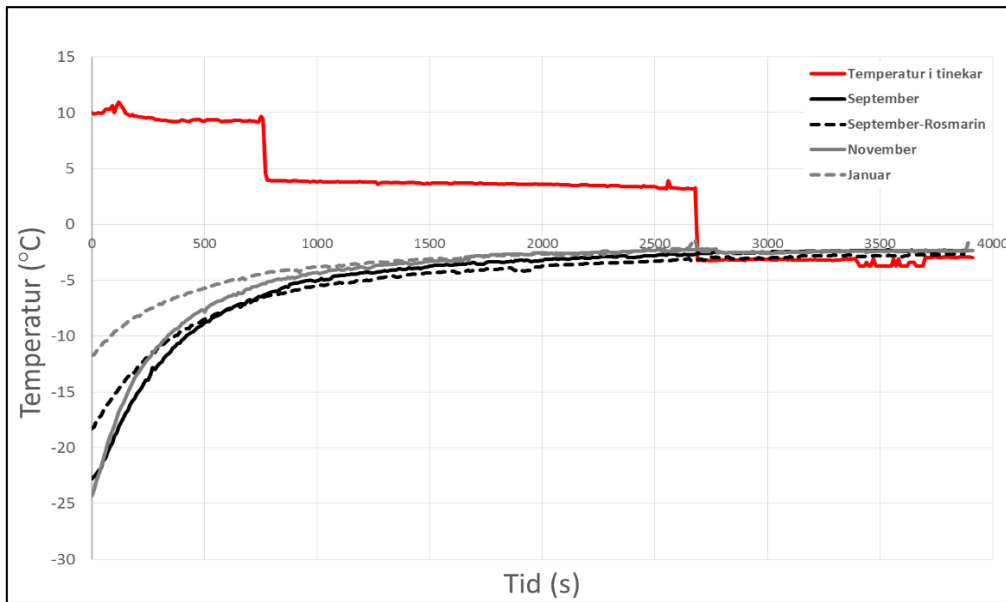
Vi observerte likevel at temperaturen ble for lav for flere fisk for fileteringen gjennom den modifiserte Baader-maskinen. Dette førte blant annet til spalting og skinnskade på flere fileter (Bilde 11). Det ble også et spormerke fra beltet i maskinen på skinnet (Bilde 12). Det er vanskelig å konkludere hva som var årsaken til dette. Vi observerte at den modifiserte Baader-maskinen krevde finjustering og kontroll av både innstillingen og temperaturen i fisken. Den modifiserte maskinen hadde blitt omstilt til europeisk-cut før forsøket, og måtte justeres underveis. Den samme tinemetoden kan også ha ført til ulik tineprosess og resultat, avhengig av råstoffets sammensetning og muskelstruktur.



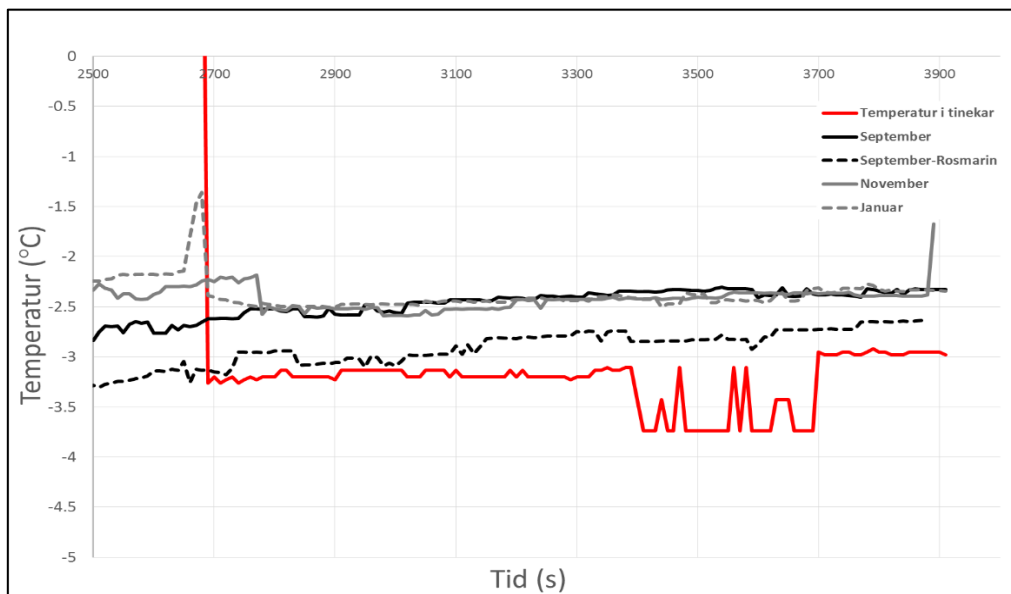
Bilde 11 Skinnskade på filet.



Bilde 12 Spormerke fra beltet i maskinen på skinnet.



Figur 27 Gjennomsnittlig kjernetemperatur ($n = 9$) gjennom tiningen Den røde linjen viser vanntemperaturen i de 3 tinekarene. Den sorte linjen viser temperaturen for septemberfisken, den stiplete svarte linjen for septemberfisken med AO, den grå linjen for novemberfisken og den grå stiplete linjen for januarfisken.



Figur 28 Gjennomsnittlig kjernetemperatur ($n = 9$) i kar 3. Den røde linjen viser vanntemperaturen i de 3 tinekarene. Den sorte linjen viser temperaturen for septemberfisken, den stiplete sorte linjen for septemberfisken med AO, den grå linjen for novemberfisken og den grå stiplete linjen for januarfisken.

4.2.2 Farge

Septemberfilet med 2% AO var gulere enn septemberfilet uten AO, 20 dager etter produksjon ($M0$, $p < 0,01$) og fram til 135 dager ($M4$, $p = 0,03$) (Figur 29). Mulig at den brune fargen i AO-løsning kan ha påvirket fargen i fileten etter behandlingen (Bilde 10). Etter M4 var det ingen signifikant forskjell mellom filet med og uten AO, men den gjennomsnittlige verdien i gulheten (b^*) var høyere i filet med AO enn filet uten fram til 345 dager ($M12$). På M12 var det ikke noen forskjell mellom filet med og uten

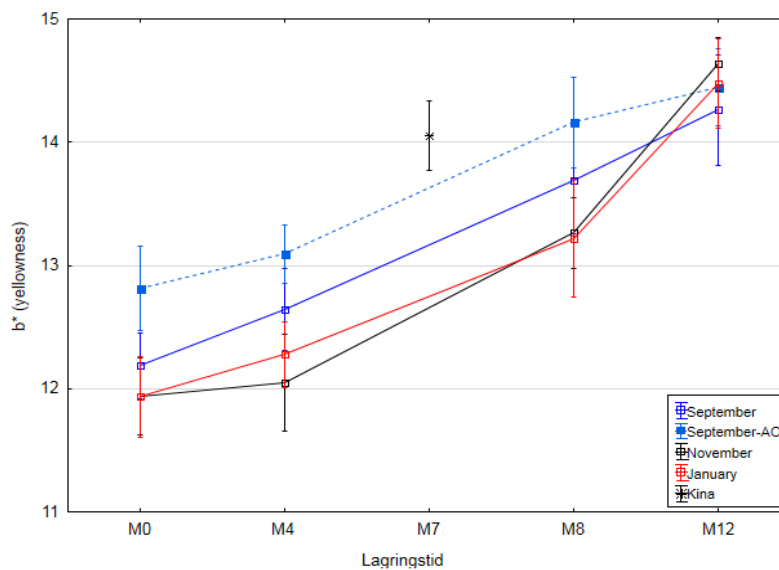
AO i gulhet. De AO-behandlede filetene var lysere enn fileten som ikke fikk AO ($p = 0,01$) og totalfargen på disse to gruppene ble da også signifikant forskjellig ($p = 0,03$).

I begynnelsen av lagringen (M0, M4) var november- og januarfileten rødere enn septemberfileten, noe som forklares med en høyere snittverdi på a^* (Figur 30). Bildene i Vedlegg C viser ryggraden i november- og januarfileten som har rød fargenyans tidlig i lagringen. Totalfargen (hue-verdien) (Figur 31) på septemberfileten var høyere tidlig i lagringen, noe som indikerer mer gulhet i totalfargen, og var signifikant forskjellig fra de andre to gruppene med trålfanget makrell (M4, $p < 0,01$).

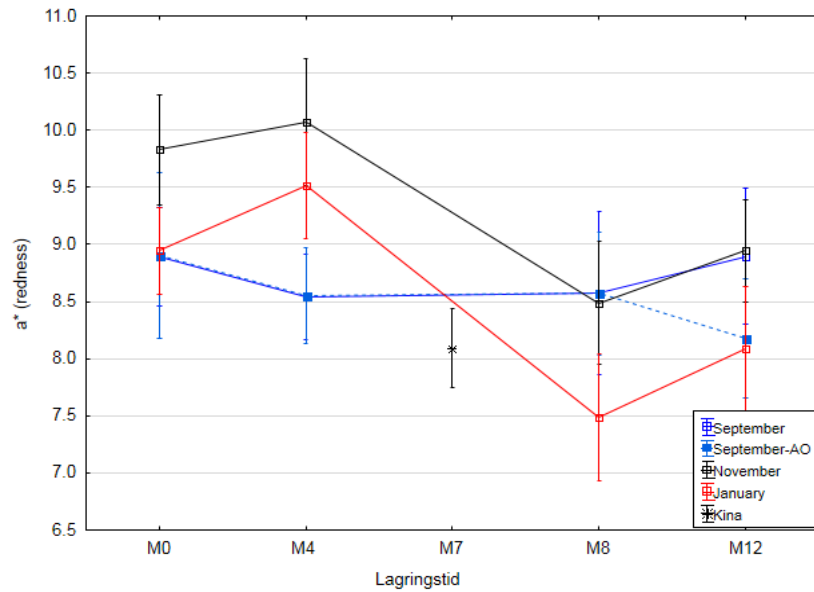
Fra Figur 29-Figur 31 så det ut til at totalfargen på november- og januarfileten var mest preget av rødfargen fram til M8, men den økende gulfargen ble den dominerende faktoren senere i fryselagringen for å avgjøre totalfargen for alle gruppene. De opprinnelige fargeforskjellene observert i starten av lagringen hadde gradvis blitt borte, og det ble ikke lenger observert stor fargeforskjell (hue) mellom de ulike råstoffene på M12. Det som skilte mest mellom råstoffene senere i lagring var lysheten (L^*) (Figur 32). Lysheten så ut til å øke etter 4 måneder for septemberfisken (med og uten AO), og de var signifikant lysere enn november- og januarfileten på M8 ($p < 0,01$).

Gulhet i fargen kan ha sammenheng med harskning under fryselagring. Det ville vært interessant å få kombinert fargeanalysen med en harskningsanalyse som TBARS, eventuelt en sensorikktest for å avdekke korrelasjon mellom gulhet og harskning i makrellfilet, samt hvor vidt/lite 2 % AO hadde virket mot harskning under lagring.

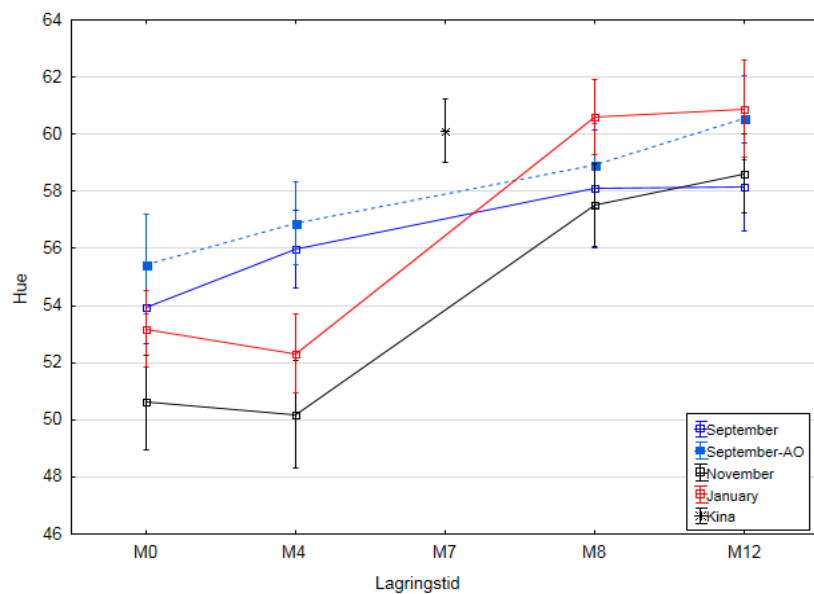
Fargen på norsk septemberfilet hadde tilsvarende gulhet (b^*) og totalfarge (hue) på M8, sammenlignet med Kina-filet som hadde vært lagret i 7 måneder i snitt da analysen ble gjennomført. Kina-fileten ble produsert av notfanget fisk, som norsk septemberfilet i dette prosjektet. Norsk septemberfilet hadde i midlertid høyere L^* -verdi og var lysere enn Kina-filet på M8 og M12. En mulig forklaring til dette kan være at ryggraden på flere av Kina-filetene hadde blitt spaltet under lagring og transport (Vedlegg B). Når fargen på disse områdene ble analysert (2.1.2) kan fargen ha kommet ut litt mørkere (mindre lys).



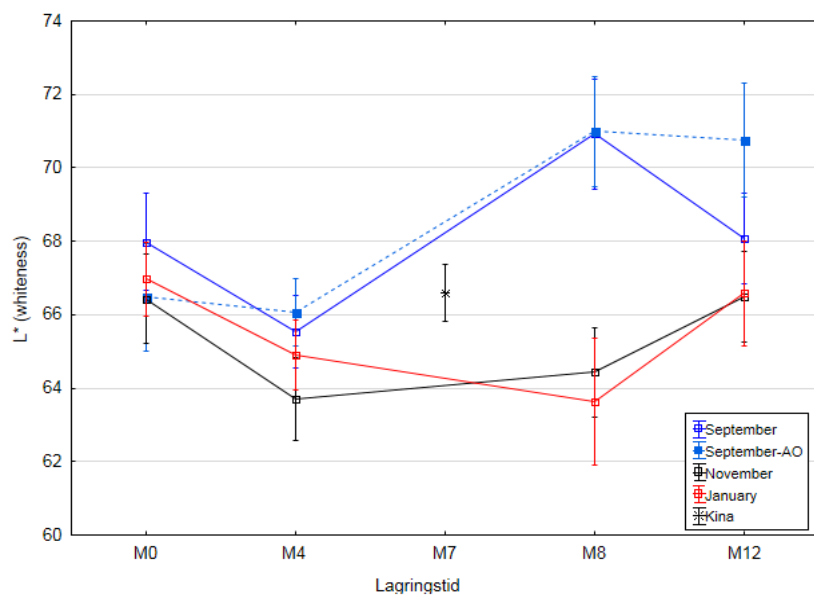
Figur 29 Gjennomsnittlig b^* (gulhet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfilet uten AO (blå linje), septemberfilet med AO (blå, stiplet linje), novemberfilet (sort linje) og januarfilet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).



Figur 30 Gjennomsnittlig a^* (rødhet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfilet uten AO (blå linje), septemberfilet med AO (blå, stiplet linje), novemberfilet (sort linje) og januarfilet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).



Figur 31 Gjennomsnitt hue (totalfarge) med konfidensintervall (95%) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for september-filet uten AO (blå linje), september-filet med AO (blå, stiplet linje), november-filet (sort linje) og januar-filet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).

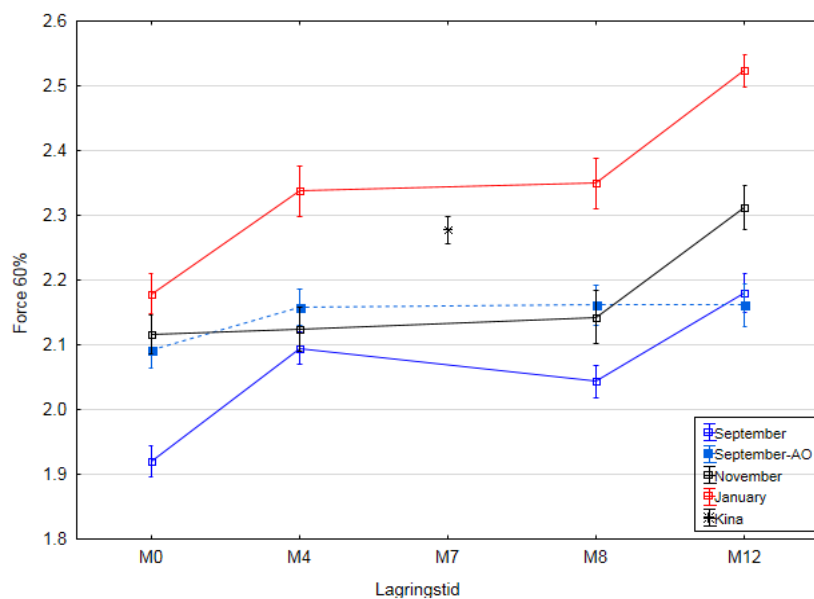


Figur 32 Gjennomsnittlig L* (lyshet) med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfilet uten AO (blå linje), septemberfilet med AO (blå, stiplet linje), novemberfilet (sort linje) og januarfilet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).

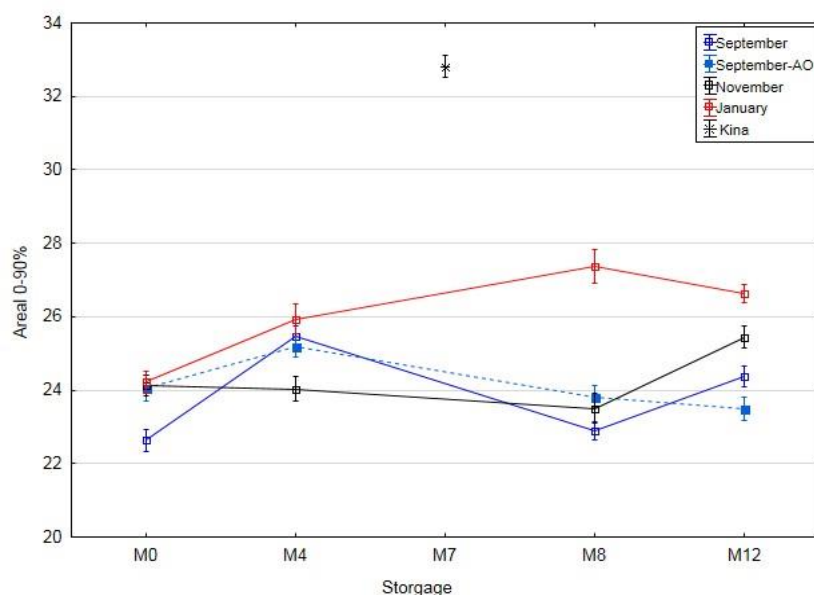
4.2.3 Tekstur (fasthet)

Fastheten målt på 60 % kraft så ut til å øke under fryselagring uavhengig av råstoff (Figur 33). Januarfileten hadde fastere tekstur enn september- og novemberfileten ($p < 0,01$) gjennom fryselagringen. Det ble observert lite endring i fastheten med fileten behandlet med 2 % AO, mens fastheten på fileten uten AO viste en økende trend som i november- og januarfileten. Fastheten på septemberfileten uten AO var lavest av alle råstoffene i begynnelsen av lagring. Fastheten målt på 0–90 % areal (Figur 34) viste også at januarfileten var fastere enn de andre gruppene spesielt etter 4 måneder, og fastheten så ut til å øke under lagring. Som vist ved 60 % kraft var septemberfileten uten AO den mykeste av alle gruppene ved lagringsstart.

Analyse ved 60 % kraft (Figur 33) og areal 0–90 % (Figur 34) ga ulike resultater ved sammenligning mot Kina-fileten. Figur 34 viser at Kina-fileten var langt fastere enn den norske fileten uavhengig av råstoffene, mens fasthet målt på 60 % kraft indikerer tilsvarende fasthet i norsk septemberfilet som i Kina-filet etter 8 måneder i lagring. Sammenlignet med Vold *et al.* (2014) var filetfastheten målt på 60 % kraft i dette prosjektet lavere, og differansen i fastheten mellom råstoff og mellom lagringstid var også liten. I sammenligning med Duinker & Pedersen (2014) ved teksturanalyse på areal 0–90 % hadde septemberfileten i dette prosjektet tilsvarende fasthet som høstmakrell, mens variasjonen mellom de ulike batchene var stor i det tidligere studiet.



Figur 33 Gjennomsnittlig fasthet målt på 60 % trykkraft med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfilet uten AO (blå linje), septemberfilet med AO (blå, stiplet linje), novemberfilet (sort linje) og januarfilet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).



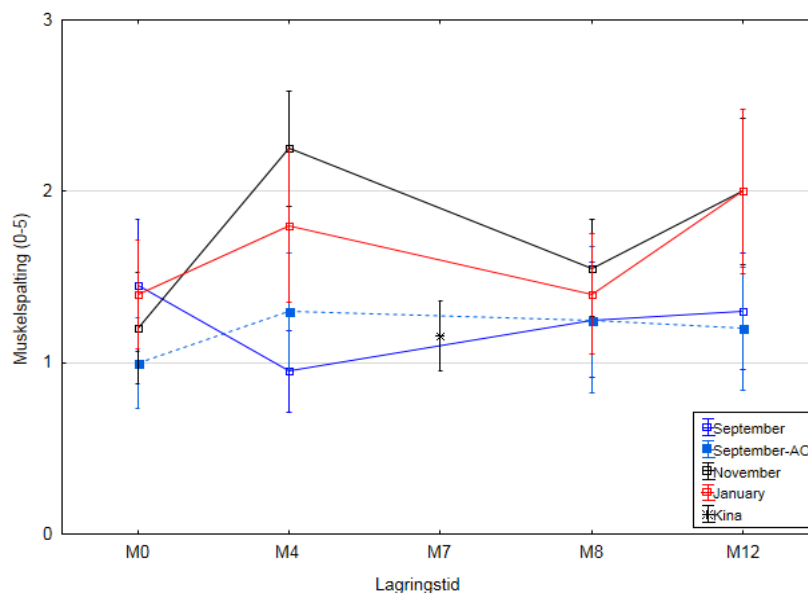
Figur 34 Gjennomsnittlig fasthet målt på Areal 0–90 % med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfilet uten AO (blå linje), septemberfilet med AO (blå, stiplet linje), novemberfilet (sort linje) og januarfilet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).

4.2.4 Muskelspalting

Sammenlignet med Kina-fileten hadde den norske fileten større variasjon mellom prøvene når det gjaldt spalting (Figur 35). November- og januarfileten hadde mer spalting gjennom lagring enn septemberfileten med og uten AO gjennom lagring ($p < 0,05$). Det ble ikke funnet en signifikant effekt av AO ($p = 0,7$) eller lagringstid på spalting i september- og januarfileten, mens det var en økende trend

i spalting i novemberfileten (økning fra 1 til 2). Den store variasjonen i norsk fileten kan skyldes håndteringen etter at fisken ble filetert, som for eksempel ved legging av fileten før filetene ble fryst enkeltvis. Resultatene tyder likevel på at septemberfileten tålte mer av håndtering og lagring enn november- og januarfileten.

Det er også viktig å merke seg at det generelt er (naturlig) variasjon også i forekomsten av spalting, både i not- og trålfanget fisk, noe som bidrar til å forklare den store variasjonen i resultatet. Det ble observert at noen fisk fikk spalting ved filetering selv med optimal temperaturkontroll, eller virket bløt. Et kvalitetsbasert sorteringssystem (som f.eks. ved bruk av spektroskopi) før eller etter filetering kan bidra til økt differensiering og verdiskaping for alle typer råstoff.



Figur 35 Gjennomsnittsscore for muskelspalting (0–5) med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfileten uten AO (blå linje), septemberfileten med AO (blå, stiplet linje), novemberfileten (sort linje) og januarfileten (rød linje), i tillegg til Kina-fileten (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 mnd i snitt (M7).

4.2.5 Blodflekker

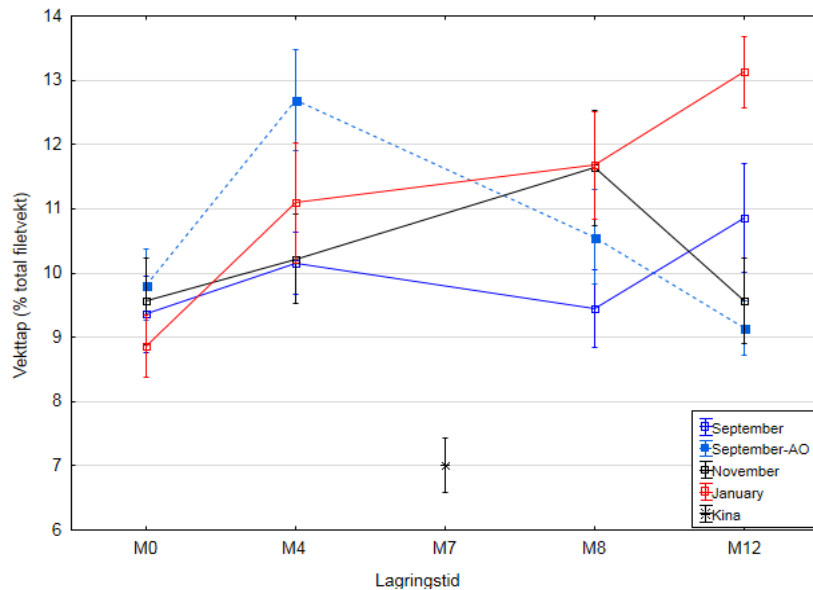
Det ble funnet lite blodflekker i både norsk fileten og Kina-fileten med snitt på henholdsvis $0,013 \pm 0,11$ for septemberfileten (med og uten AO); $0,23 \pm 0,42$ for januarfileten; $0,075 \pm 0,27$ for novemberfileten; $0,12 \pm 0,42$ for Kina-fileten.

4.2.6 Væskeslipp ved tining

Væskeslipp fra Kina-fileten var i snitt $7,02 \pm 1,23$ %. Glaseringsprosenten varierer for makrellfileten produsert i Asia. Det er noen formelle krav, men utover det gjøres avtaler mellom produsent og importør. Vanligvis ligger det mellom 3–5 % (pers.komm., Bernt Strand, Pelagia). Kina-fileten hadde da trolig mistet mellom 2–4 % av total vekt i væskeslipp ved tining. Væskeslippet i tint norsk fileten var større og preget av større variasjon mellom prøvene uavhengig av råstoff og lagringstid, sammenlignet med Kina-filetene (Figur 36). Dette kan skyldes den manuelle glaseringen. Glaseringen på norsk fileten ble sannsynligvis tykkere enn det som var markedsstandard, selv etter forsøk på å standardisere

prosedyren (4.1.2). Resultatene med stor variasjon gjør det vanskelig å undersøke og konkludere om mulig effekt av råstoff, lagring og AO på væskeslipp.

Glasering er viktig for holdbarheten på makrellfilet (Popelka *et al.*, 2012), men må optimaliseres etter flere forhold. Richards *et al.* (1998) har vist at man kan øke eller hemme antioksidativeffekt avhengig av hvordan man anvender AO, for eksempel ved glasering. Glasering på norsk filet må være tilstrekkelig for å bevare holdbarhet og produktkvalitet under den lange transporten til det asiatiske markedet. Ifølge en japansk inspektør er riktig glasering viktig for produktets utseende, for miljøet og økonomien, for tykkere glasering øker produktvekten, transportkostnader og CO₂-utslipp.



Figur 36 Gjennomsnittlig vekttap i prosent av total filevekt med konfidensintervall (95 %) på de ulike lagringstidene (M0–M12) for septemberfilet uten AO (blå linje), septemberfilet med AO (blå, stiplet linje), novemberfilet (sort linje) og januarfilet (rød linje), i tillegg til Kina-filet (sort stjerne) som hadde blitt lagret i 7 måneder i snitt (M7).

5 Oppsummering og konklusjon

Hovedmålet med ProMack-prosjektet var å avdekke de viktigste sammenhengene mellom sesong, behandling og prosessparametere, på kvalitet og holdbarhet av fryst makrellfilet. Prosjektet ble delt inn i 3 deler. Del 1 kvantifiserte kvalitetsparametere i dagens fileter som selges i Japan. Del 2 undersøkte kvalitetsvariasjonen i makrellfilet, som følge av fangsts sesong og endelig tinetemperatur ved filetering. Del 3 undersøkte lagringsstabiliteten av filetprodukter, effekten av glasering og tilsats av en naturlig antioksidant.

Kina-fileten hadde jevn kvalitet, mens den norske fileten var preget av stor variasjon innen samme batch, trolig på grunn av manuell filetproduksjon og glasering. Resultatene for farge og gaping samsvarte godt med generell oppfatning om kvalitetsforskjell i råstoff mellom notfanget og trålfanget makrell. Trålfanget novemberfilet var rødere enn notfanget septemberfilet og Kina-filet, mens septemberfilet og Kina-filet var gulere og lysere enn novemberfilet. Notfanget septemberfilet så ut til å tåle håndtering bedre og hadde mindre gaping enn trålfanget novemberfilet. Når det gjaldt farge, gaping og blodflekker var kvaliteten på norsk notfanget septemberfilet ganske lik kvaliteten på Kina-filet. Resultatene tyder på at tining kan ha effekt på filetkvalitet. Dette bør undersøkes nærmere med flere fisk og under mer kontrollert (automatisert) filetproduksjon.

Holdbarheten på norsk makrellfilet var sannsynligvis 4–8 måneder på -20 °C. Etter 4 måneders fryselagring ble filetene mer gule uavhengig av råstoff, noe som indikerte harskning. De opprinnelige fargeforskjellene observert i starten av lagringen ble redusert, og det ble ikke lenger observert stor fargeforskjell mellom de ulike råstoffene etter 12 måneder.

Den opprinnelige søknaden innbefattet også måling av oksidasjonsparametre, men denne delen ble fjernet fra prosjektet av årsaker som er beskrevet innledningsvis. En kobling mellom fargemålinger og oksidasjon ville imidlertid ha styrket resultatene og prosjektets relevans, og det kan være vel verd å undersøke sammenhenger mellom ikke-destruktive målinger og kvalitetsparametre. Fargemålinger er en mulighet, men hyperspektrale målinger kan ha betydelig større potensiale.

Når det gjelder de instrumentelle målingene av filetenes mekaniske egenskaper så ser man at fastheten så ut til å øke med lagring (60 % Kraft) og de mekaniske fileterte filetene var bløtere sammenlignet med Kina-filetene (Areal 0–90 %). Resultatene viste ingen tydelig effekt av 2 % rosmarinekstrakt på tekstur.

Det er svært mange faktorer som har innflytelse på kvaliteten på en makrellfilet. For industrien og i et prosjekt som dette, som er basert på kommersielle fangster, har man bare delvis innsikt i og kontroll over faktorer som kan påvirke kvaliteten. Sesongvariasjoner og fôrinntak er viktige parametere, likeledes nedkjøling på tanker og temperaturforløpet før lossing. Men hva som skjer under fangst; for eksempel hvor stresset fisken blir, har vi ingen innsikt i. Det samme gjelder for mekanisk påvirkning (pumping) om bord på fartøy og under lossing. Erfaringsmessig, fra andre fiskeslag, har vi sett at kan dette kan ha stor betydning for kvaliteten; både på tekstur, farge og holdbarhet. Det kan også bidra til at variasjonen mellom individer øker, ettersom enkeltindividene kan oppleve ulike betingelser.

Dette er også en kvalitetsmessig utfordring. Mange studier har vist at det er en betydelig variasjon i målte kvalitetsparametere i makrell. Kvalitet handler ikke bare om nivå, men også om variasjon. Derfor gir del 1 også et bilde av hvilken variasjon som forventes i dagens marked. Disse filetene er produsert

manuelt, med de fordeler og ulemper det medfører. Av fordeler, er opplagt inspeksjon og muligheter for justeringer på hver enkelt filet, blant de største. Men maskinell filetering og håndtering må disse elementene ivaretas på andre måter. Visuell inspeksjon av sluttproduktet er selvsagt en måte, men vi vil peke på mulighetene som ligger i bruk av ikke-destruktive målemetoder på råstoffet, for i større grad å kunne sortere og gradere allerede før filetering.

6 Litteratur

- Alinasabhematabadi, L. (2015). Protein oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) during chilled and frozen storage. In Department of Biotechnology. Vol. MSc. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Duinker, A. & M.E. Pedersen (2014). Fettavleiring, tekstur og struktur i makrell fra juni til oktober.
- Falch, E., I. Aursand & H. Digre (2006). Pelagisk kvalitet. Sesongvariasjoner i næringsverdi og fettsammensetning i NVG sild og makrell.
- Haugland, A. (2002). Industrial thawing of fish - to improve quality, yield and capacity. Vol. Dr. scient. Norwegian University of Science and Technology, Department of Energy and Process Engineering.
- Popelka, P., O. Luptakova, S. Marcincak, J. Nagy, L. Mesarcova & A. Nagyova (2012). The effect of glaze and storage temperature on the quality of frozen mackerel fillets. *Acta Vet Brno* **81**:4, pp. 397–402.
- Richards, M.P., S.D. Kelleher & 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, pp. 4363–4371.
- Siegel, S. & N. Castellan (1988). Nonparametric statistics for the behavioral sciences.
- Uçak, İ., Y. Özogul & M. Durmuş (2011). The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers. *International Journal of Food Science & Technology*, **46**:6, pp. 1157–1163.
- Vold, A., M.E. Pedersen & A. Duinker (2014). Låsetting av sommermakrell. Prosjektrapport FHF-prosjekt #900866.

Vedlegg A

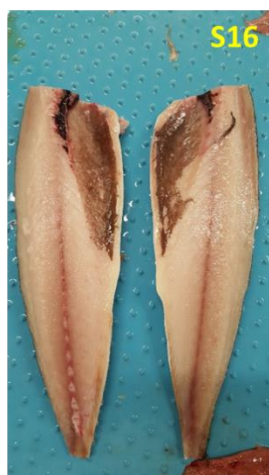
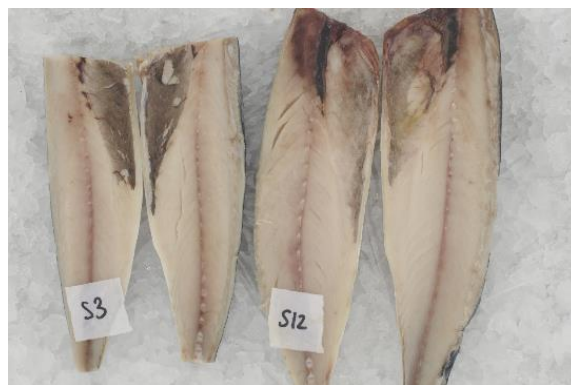
Quality evaluation (NICE)

Quality parameter	Scale range	Description
Muscle gaping	0-5	0: No visual gaping 1: Small and less than 5 fractures 2: Small and less than 10 fractures or few large 3: Small and more than 10 fractures 4: Many large fractures 5: Many large fractures and the muscle are easily destroyed with light pressure
Blood stains	0-2	0: No visual blood stains 1: Less than 5 small blood stains 2: Very large blood stains or more than 5 small stains
Membrane firmness	0-2	0: Strong membrane, is not disrupted by light touch 1: Membrane is easily removed by light touch 2: Membrane is completely destroyed

Vedlegg B

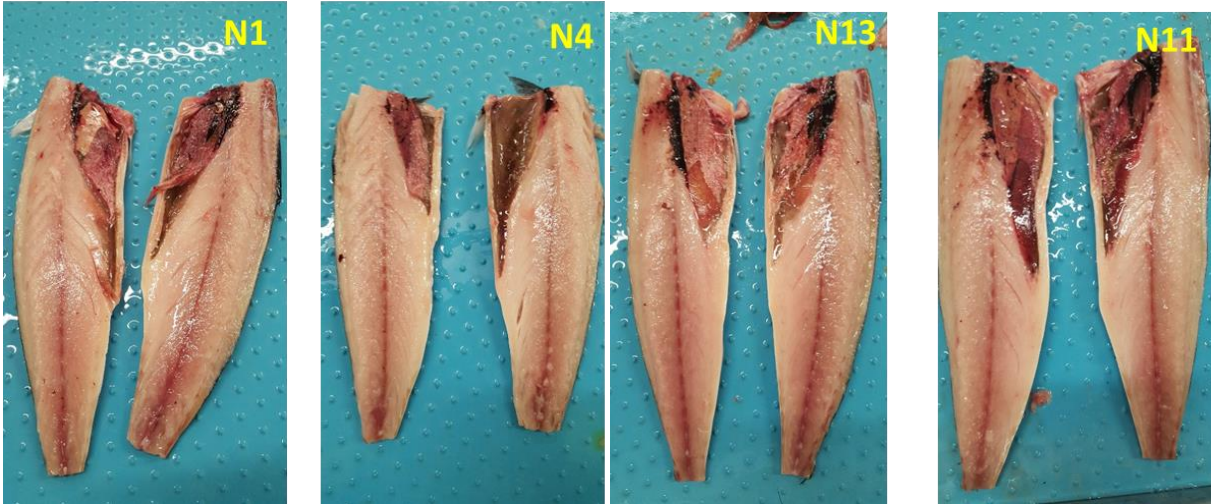
De to øverste bildene viser filet produsert 4 septemberfisk etter lagring og tining (merket fra venstre side, som S18, S16, S3 og S12). De nederste 2 bildene viser de tilsvarende filet like etter filetering i samme rekkefølge.

September



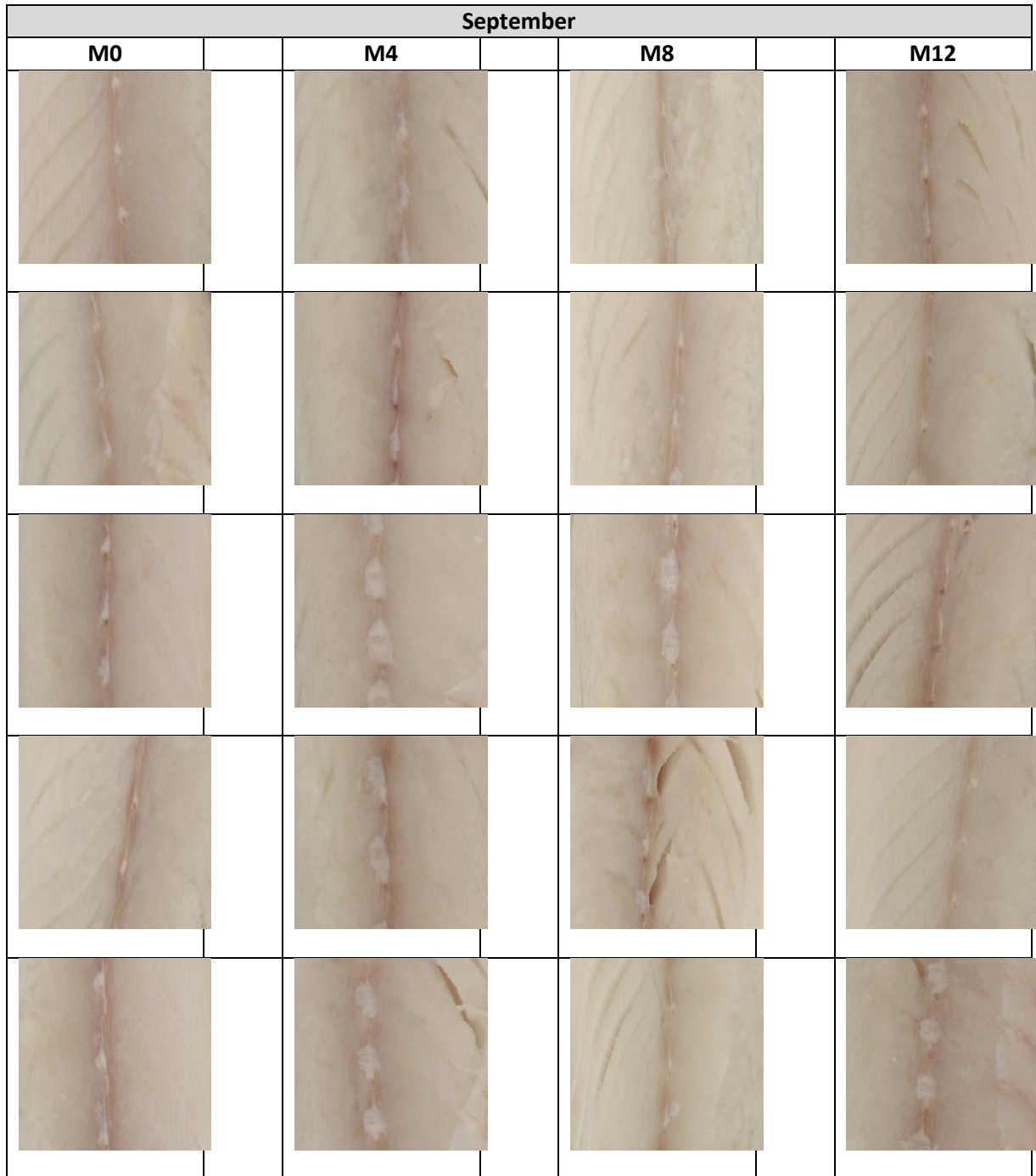
De to øverste bildene viser filet produsert 4 novemberfisk etter lagring og tining (merket fra venstre side, som N1, N4, N13 og S11). De nederste 2 bildene viser de tilsvarende filet like etter filetering i samme rekkefølge.












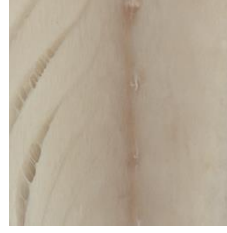

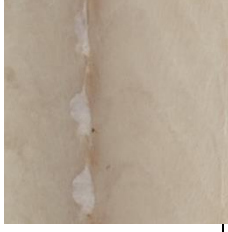






November











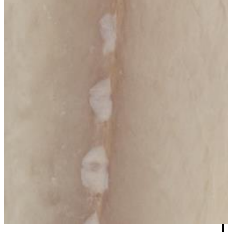
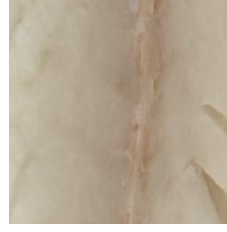




Vedlegg C

Figurene under viser fargeendring i september, september-AO, november- og januarfilet på de ulike lagringstidene. Bildene er snitt fra nedre del av fileten, samme område som fargeanalysen ble tatt.



September-AO						
M0		M4		M8		M12
						
						
						
						
						

November							
M0		M4		M8		M12	

Januar							
M0		M4		M8		M12	
							
							
							
							
							

Kina (M7)



