

A27964 - Åpen

Rapport

Dokumentasjon av prosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter

Med fokus på reduksjon av salt under marinering

Forfattere

Vera Kristinova, Hanne Digre, Tom Ståle Nordtvedt, Revilija Mozuraityte og
Irja Sunde Roiha (NIFES)



SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 40005350
Telefaks: 93270701fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Rapport

Dokumentasjon av prosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter

Med fokus på reduksjon av salt under marinering

EMNEORD:Marinert sild
Marinering
Salt reduksjon
Natrium, kalium
Kvalitet
Stabilitet
Oksidasjon
Sensorikk
Anisakis overlevelse**VERSJON**

03

DATO

2016-11-29

FORFATTEREVera Kristinova, Hanne Digre, Tom Ståle Nordtvedt, Revilija Mozuraityte og
Irja Sunde Roiha (NIFES)**OPPDRAKSGIVER(E)**

Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

OPPDRAKSGIVERS REF.

FHF prosjekt nr. 900860

PROSJEKTNR

6020607

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

57+ vedlegg

SAMMENDRAG

Målet med prosjektet har vært å studere og dokumentere hvordan ulike prosessbetingelser som råstoffvariasjon (sesong/fettinnhold), marineringstid (1, 6 og 10 måneder), temperatur (0°C og -4°C) og salt-konsentrasjoner i marinaden påvirker marineringsprosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter. Prosjektet skulle også kartlegge om man kan lage et ferdigprodukt med lavere saltinnhold, men med samme kvalitet som dagens produkt.

Tre studier ble gjennomført med råstoff med ulike fettprosent fra ulike sesonger (november 2013, januar 2014 og oktober 2014). Åtte eddik-marinader ble undersøkt hvor NaCl-innholdet varierte fra 14,5% (dagens marinade) til 6,15% (dvs. opp til 58% totalt salt reduksjon), inkludert delvis erstatning av NaCl med KCl.

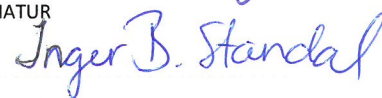
Prosjektet viser at det er mulig å produsere marinert sild med lavere NaCl nivå, som har god kvalitet, samt ivaretar krav til mattrygghet. Marinade med 25% totalt saltreduksjon hvor NaCl er redusert med 43% og erstattet med 18% KCl viste de beste resultatene og kan anbefales dersom det er ønskelig å redusere saltinnholdet i marinert sildeprodukter. KCl er derimot 7,5 ganger dyrere enn NaCl, så velger man denne resepten vil dette medføre en noe høyere produksjonskostnad.

UTARBEIDET AV

Vera Kristinova og Hanne Digre

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

for Ida Grong Aursand

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Marit Aursand

SIGNATUR**RAPPORTNR**

A27964

ISBN

978-82-14-06206-9

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
Versjon 1	2015-11-20	Sendt styringsgruppen for uttalelse
Versjon 2	2015-11-30	Endelig rapport, fortrolig (rapportnr F27190)
Versjon 3	2016-11-29	Endelig rapport, åpen (rapportnr A27964)

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	5
1.1	Sammendrag (norsk)	5
1.2	Sammendrag (engelsk)	6
2	Innledning	7
2.1	Bakgrunn	7
2.2	Prosjektets omfang	7
2.3	Prosjektorganisering	8
3	Problemstilling og formål	10
3.1	Effektmål (betydning for næringen)	10
3.2	Resultatmål	10
4	Prosjektgjennomføring	11
4.1	Uttak av sild	11
4.2	Endringer i forhold til opprinnelig prosjektbeskrivelse	11
4.3	Metodikk	12
4.4	Prosjektplan	12
4.4.1	Dagens marineringsprosess	12
4.4.2	Marinader	13
4.4.3	Forsøksoppsett	15
5	Resultater, diskusjon, og konklusjoner	21
5.1	Sesongvariasjon	21
5.2	Vektøkning i sildebiter under forlaking	21
5.3	Totalt vekttap i sildebiter under pre-marinerings	22
5.4	Vektendringer i sildebiter	23
5.5	Kjemisk sammensetning	25
5.6	pH i sildebiter	27
5.7	Salt i biter	29
5.8	Farge	32
5.8.1	Lyshet	32
5.8.2	Rødhet	32
5.8.3	Gulhet	32
5.8.4	Farge: Oppsummering	33
5.9	Tekstur	37
5.10	Frie fettsyrer	39
5.11	Oppsummering av kjemiske og fysiske egenskaper	41
5.12	Lipid oksidasjonsprodukter	42

5.12.1	Konjugerte diener	42
5.12.2	Peroksid verdi	44
5.12.3	TBARS.....	45
5.12.4	Oksidasjon: Oppsummering	47
5.13	Mikrobiell vekst.....	47
5.14	Sensorisk evaluering av ferdigprodukt	47
5.15	Økonomisk kalkyle av marineringsprosessen	50
5.16	Oppsummering og hovedkonklusjoner.....	50
6	Leveranser	52
7	Kvalitetssikring av prosjektgjennomføring og resultater	54
8	Referanser.....	54

BILAG/VEDLEGG

NIFES Rapport: Salttoleranse hos Anisakis

1 Sammendrag

1.1 Sammendrag (norsk)

Dette er sluttrapporten til FHF-prosjektet 900860 "*Dokumentasjon av prosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter*". Det er utarbeidet flere delrapporter/notater som går mer i detalj på enkelte områder mens denne rapporten fokuseres på hovedresultater og konklusjoner. Prosjektet startet opp januar 2013 og avsluttet i november 2015 og har vært et samarbeidsprosjekt med de pelagiske bedriftene som driver med denne produksjonen i Norge i dag (Hopen Fisk, Grøntvedt Pelagic AS og Pelagia), samt eksportør Athena Seafood. Prosjektet har vært ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk, med bidrag fra FoU-instituttene SINTEF Energi og NIFES.

NVG-sild (*Clupea harengus*) fangstes langs kysten av Norge fra august til februar. Noen bedrifter i Norge produserer fileter eller sildebiter som marineres og lagres i plasttønner for videre salg til sluttprodusent. Sildebitene lagres i marinade i hele tre uker hos landanlegget før transport. Hos sluttprodusenten lagres silda fra 1-10 måneder ved $< 4^{\circ}\text{C}$, før den tilsettes ulike sauser, krydder og grønnsaker og ferdigstilles. Det mangler grunnleggende kunnskap om disse prosessene. Målet med prosjektet har vært å studere og dokumentere hvordan ulike prosessbetingelser som råstoffvariasjon (sesong/fettinnhold), marineringsstid (1, 6 og 10 måneder), temperatur (0°C og -4°C) og salt-konsentrasjoner i marinaden påvirker marineringsprosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter. Prosjektet skulle også kartlegge om man kan lage et ferdigprodukt med lavere saltinnhold, men med samme kvalitet som dagens produkt. Opprinnelig var det også planlagt å se på hvordan syreinnholdet i marinaden påvirker marineringsprosessen, men styringsgruppen bestemte at dette ikke skulle prioriteres i prosjektet.

Tre studier ble gjennomført med råstoff med ulike fettprosent fra ulike sesonger (november 2013, januar 2014 og oktober 2014). Åtte eddik-marinader ble undersøkt hvor NaCl-innholdet varierte fra 14.5% (dagens marinade) til 6.15% (dvs. opp til 58% totalt salt reduksjon), inkludert delvis erstatning av NaCl med KCl. Resultatene viser at kvaliteten på halvfabrikata marinerte sildeprodukter varierer med sesong. Lagringstemperatur hadde ingen effekt på alle de målte parameterne. Farge, tekstur, lipid oksidasjon (harskning), nivåer av frie fettsyrer og vekt av sildebiter var påvirket av marineringsstid, men kun tekstur var påvirket av de ulike saltkonsentrasjonene i marinadene. Sildebitene ble betydelige mykere i marinader med 43% og 58% redusert salt. Oksidasjonen varierte avhengig av fettinnhold i silda (sesongvariasjoner), men var ikke påvirket av saltnivå, temperatur eller marineringsstid. Den mikrobiologiske kvaliteten var god for alle marinadene (Kim tall < 400 etter 10 måneder). Studiene som ble utført for salttoleranse hos anisakis (kveis) viste at overlevelse av anisakislarvene var kraftig redusert etter 35 dager av marineringsstid, og at kaliumklorid hadde større effekt på dødelighet enn natriumklorid. I marinader med de laveste saltkonsentrasjonene var temperatur en viktig faktor hvor lavere temperatur (under 0°C) økte dødelighet. Det ble også gjort en studie av ferdigmarinert sild (løksild) som var produsert fra pre-marinert sild. Ferdigmarineringsstid førte til økt oksidasjon (økt nivå av frie fettsyrer, konjugerte diener). NaCl innholdet ble redusert med opptil 21% i forhold til dagens saltinnhold i den ferdig marinerte silda. Sensorisk vurdering av løksild produsert fra de ulike marinadene viste ingen nevneverdige forskjeller sammenlignet med dagens produkt.

Prosjektet viser at det er mulig å produsere marinert sild med lavere NaCl nivå, som har god kvalitet, samt ivaretar krav til mattrygghet. Marinade med 25% totalt salt reduksjon hvor NaCl er redusert med 43% og erstattet med 18% KCl viste de beste resultatene og kan anbefales dersom det er ønskelig å redusere saltinnholdet i marinert sildeprodukter.

1.2 Sammendrag (engelsk)

This document is the final report for FHF project 900860 "*Dokumentasjon av prosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter*". During the project duration, several project notes/partial rapports were elaborated which describe details in individual areas while this rapport focuses on the main results and conclusions. The project started in January 2013 and ended in November 2015, and was cooperation between the pelagic companies producing marinated herring in Norway per day (Hopen Fisk, Grøntvedt Pelagic AS and Pelagia) and exporter Athena Seafood. SINTEF Fisheries and aquaculture was leading the project with contribution from R&D institutes SINTEF Energy and NIFES.

Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus*) is caught along the Norwegian coast from August to February. Some companies produce fillets or pieces which are then pre-marinated (semi-marinated herring) and stored in plastic drums which are sold to the producer of the final product. Herring pieces are stored in the pre-marinade for at least three weeks at the production site before they are transported to the final producer, where the drums are stored between 1 and 10 months at $< 4^{\circ}\text{C}$, before different sauces, herbs and vegetables are added to finalise the product. What is missing is basic knowledge about these processes. The aim of the project was to study and document how different processing conditions such as variation in fish stock (season/fat content), pre-marination period (1, 6 and 10 months), temperature (0°C and -4°C) and salt concentration in the pre-marinade affect the pre-marination process for the semi-marinated herring. The project also investigated whether it is possible to produce a final product with lower salt content, but keeping the quality of today's product. It was planned originally to look at how acid content in the pre-marinade affects the marination process, but the steering group decided to not prioritise this in the project.

Three studies were conducted with fish with different fat content obtained in different seasons (November 2013, January 2014 and October 2014). Eight vinegar-marinades were investigated where NaCl content varied from 14.5% (today's marinade) to 6.15% (i.e. up to 58% total salt reduction), including partial replacement of NaCl with KCl. The results show that the quality of semi-marinated herring varies with season. Storage temperature had no effect on all the measured parameters. Colour, texture, lipid oxidation (rancidity), free fatty acids and weight of the herring pieces was affected by the marination period, but only texture was affected by the different salt concentrations. The herring pieces were significantly softer in marinades with 43% and 58% salt reduction. Lipid oxidation varied in dependence on the fat content in the herring (seasonal variation), but was not affected by salt concentration, temperature or marination period. The microbial quality was excellent for all the marinades (total viable count < 400 after 10 months). The studies on the survival of Anisakis nematodes showed that their survival was strongly reduced after 35 days of marination and that KCl had larger effect on the mortality than NaCl. In the marinades with the lowest salt content, the temperature was an important factor where lower temperature (under 0°C) increased the mortality. A study with the final product (Løksild) manufactured from the semi-marinated herring with different salt content in the pre-marinades was also conducted. In the final product, the NaCl content was reduced up to 21% in relation to today's product. Sensorial test of the final product showed no major differences compared to today's final product.

This project shows that it is possible to produce marinated herring with lower NaCl content which have good quality and at the same time fulfils food safety requirements. Marinade with 25% total salt reduction where NaCl was reduced by 43% and replaced with 18% KCl showed the most promising results and can be recommended if it is desirable to reduce salt content in marinated herring products.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) ønsket å sette igang et prosjekt innenfor pelagisk foredlingsindustri med mål om å dokumentere prosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter. Prosjektet har vært et samarbeidsprosjekt med de pelagiske bedriftene som driver med denne produksjonen i Norge i dag (Hopen Fisk, Grøntvedt Pelagic AS og Pelagia), samt eksportør Athena Seafood. Prosjektet har vært ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk (SFH), med bidrag fra FoU-instituttene SINTEF Energi (SE) og Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES).

NVG-sild (*Clupea harengus*) fangstes langs kysten av Norge fra august til februar. Noen bedrifter i Norge produserer fileter eller sildebiter som marineres og lagres i plasttønner for videre salg til sluttprodusent. Dagens marineringsprosess er tidkrevende – sildebitene lagres i marinade i hele tre uker hos landanlegget før transport. Hos sluttprodusenten lagres silda fra 1 – 10 måneder ved < 4°C, før den tilsettes ulike sauser, krydder og grønnsaker og ferdigstilles.

Det mangler grunnleggende kunnskap om disse prosessene. Næringen har behov for å kunne dokumentere og kartlegge hvordan ulike prosessbetingelser (tid og temperatur) og råstoffvariasjon (fettinnhold/størrelse) påvirker marineringsprosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter. Inntrenging av salt og syre i filetene vil være påvirket av lagringstemperatur og lagringstid. Dette er også viktig for næringen å få undersøkt nærmere. Det ble også inkludert studier av salttoleransen hos anisakis, som NIFES har hatt ansvaret for.

Rapporten er gradert fortrolig frem til 30.november 2017.

2.2 Prosjektets omfang

Prosjektets varighet:

- Start dato: **14. januar 2013**
- Slutt dato (opprinnelig): 30. juni 2014
- Slutt dato (1. utsettelse): 31. desember 2014
- Slutt dato (2. utsettelse): **30. november 2015**
- Slutt dato for tilleggsaktivitet mht anisakis overlevelse (NIFES): **30. november 2017**

Prosjektet har hatt en ramme på totalt **1 978 000 NOK** og er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF).

Prosjektet har omfattet følgende problemstillinger:

- Studere inntrenging av salt og syre i NVG sildefileter med ulikt fettinnhold og størrelse gjennom sesongen.
- Studere inntrenging av salt og syre under modning og lagring av produktet.
- Studere hvordan fettinnholdet påvirker marineringsprosessen.
- Studere hvordan filetene påvirkes av lagringstemperatur og tid.
- Studere hvordan reduserte saltmengder kan påvirke kvaliteten på silda.
- Studere effektive lagrings- og distribusjonsmetoder.

Det ble i starten av prosjektet gjennomført et styringsgruppemøte, hvor det var enighet om å fokusere på redusert saltinnhold i marinaden. Det er derfor ikke jobbet med å justere syreinnholdet i marinadene. Det er heller ikke fokusert på distribusjonsmetoder i prosjektet.

I 4. styringsgruppe møte den 25. november 2015 ble det besluttet at NIFES skulle beskrive et tilleggsforsøk, som det søkes ekstrabevilgning for, for å avdekke overlevelse av anisakis gjennom forlakeprosessen. Denne aktiviteten skal avsluttes 30. november 2017.

FoU-arbeidet har vært organisert i følgende aktiviteter:

Aktivitet 1) Planlegging av forsøk og gjennomgang av dagens marineringsprosess (ansvarlig SFH)

Det ble gjennomført et bedriftsbesøk hos Hopen Fisk i starten av prosjektet, hvor dagens marineringsprosess ble gjennomgått og relevant informasjon ble innhentet med hensyn til prosessutstyr, tid, lagringstemperatur og nødvendige ingredienser. Basert på dette ble det utarbeidet en detaljert forsøksplan.

Aktivitet 2) Dokumentere hvordan ulike prosessbetingelser og råstoffvariasjon påvirker marineringsprosessen for sild (ansvarlig SFH)

Tre studier ble gjennomført med råstoff med ulike fettprosent fra ulike sesonger (november 2013, januar 2014 og oktober 2014). Råstoffet ble analysert for ulike kvalitetsegenskaper. I tillegg ble det utarbeidet et notat med fokus på frysepunktsmålinger for laker med ulikt innhold av salt.

Aktivitet 3) Redusere saltinnhold i marinerte sildeprodukter (ansvarlig SFH)

Åtte eddik-marinader ble undersøkt hvor saltinnholdet (NaCl-innholdet) varierte fra 14,5% (dagens marinade) til 6,15% (dvs. opp til 58% totalt salt reduksjon), inkludert delvis erstatning av natriumkloriden (NaCl) med kaliumklorid (KCl). En rekke analyser ble gjennomført: saltinnhold, pH, fysiske (farge, tekstur) sensoriske målinger, mikrobiologisk vekst (0-prøve), analyser av harskningsprodukter (0-prøve). Silda ble lagret opptil 10 måneder.

Prosjektet har vært koordinert med Forskningsrådsprosjektet "*Preserving the positive health effects in innovative pelagic fish products through the value chain*" (ProHealthPelagic 2012-2015, Forskningsrådet prosjektnr. 222476/E40), hvor man også bl.a. har jobbet med å redusere saltinnholdet i marinerte sildeprodukter.

2.3 Prosjektorganisering

Prosjektet har vært organisert med en prosjektleder, som har hatt både den økonomisk og faglig ledelsen av prosjektet. En oversikt over forskere fra både SFH, SE og NIFES som har vært involvert i prosjektet er opplistet nedenfor. Prosjektet har hatt en styringsgruppe bestående av representanter fra den pelagiske næringen som driver med denne typen produksjon.

FoU-partnere og involverte ansatte:

SINTEF Fiskeri og havbruk AS, Trondheim – FoU

- **Hanne Digre**, prosjektleder og seniorforsker (Hanne.Digre@sintef.no)
- **Ida G. Aursand**, kvalitetssikrer og seniorforsker (Ida.G.Aursand@sintef.no)
- **Kirsti Greiff**, forsker (Kirsti.Greiff@sintef.no)
- **Revilija Mozuraityte**, forsker (Revilija.Mozuraityte@sintef.no)

- **Vera Kristinova**, forsker (Vera.Kristinova@sintef.no)
- **Marte Schei**, ingeniør (Marte.Schei@sintef.no)

SINTEF Energi, Trondheim – FoU

- **Tom Ståle Nordtvedt**, seniorforsker (Tom.S.Nordtvedt@sintef.no)
- **Per E. Gullsvag**, senioringeniør (Per.E.Gullsvag@sintef.no)

NIFES, Bergen – FoU

- **Irja Sunde Roiha**, forsker (irja.sunde.roiha@nifes.no)
- **Arne Levsen**, seniorforsker (arne.Levsen@nifes.no)

Styringsgruppe:

- **Aage Eriksen**, Hopen Fisk AS (aage@hopenfisk.no)
- **Julia Anthonisen**, Athena Seafood AS (julia@athena.no)
- **Ole Andre Nilsen**, Grøntvedt Pelagic AS (oan@grontvedt.no)
- **Per Røys**, Norway Pelagic Kalvåg AS (per.roys@pelagia.com)
- **Mogens Andersen**, Egersund Danmark AS (man@pelagia.com)
- **Lars Lovund**, FHF, observatør (Lars.lovund@fhf.no)

Styringsgruppens sekretær har vært prosjektleder. Det har vært gjennomført 4 styringsgruppemøter i prosjektperioden 2013-2015, hvorav to fysiske møter og to telefonmøter. Styringsgruppens mandat og oppgaver har vært å bidra til at prosjektet har nådd sine mål med særlig fokus på nytteverdien for pelagisk foredlingsindustri. Det er utarbeidet egne retningslinjer for styringsgruppen i prosjektet.

3 Problemstilling og formål

3.1 Effektmål (betydning for næringen)

Prosjektet har følgende betydning for næringen:

- Økt kunnskap om marineringsprosessen
- Tilby konsumentene marinerte sildeprodukter med lavere saltinnhold og derigjennom et sunnere produkt¹.
- Øke lønnsomhetene for små og mellomstore pelagiske bedriftene i Norge ved å øke produktspekteret som kan tilbys til et større kundegrunnlag (kort og lang sikt)
- Skape rom for videre bearbeiding av pelagisk fisk i Norge (kort og lang sikt)
- Øke kundemassen for norske aktører (kort og lang sikt)

3.2 Resultatmål

Målet med prosjektet var opprinnelig å:

- 1) Dokumentere hvordan ulike prosessbetingelser (tid og temperatur) og råstoffvariasjon (fettinnhold og størrelse) påvirker marineringsprosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter.
- 2) Studere inntrenging av salt og syre i NVG-fileter med ulike fettinnhold og størrelse gjennom sesongen fra september til februar, under modning og lagring av prosjektet.
- 3) Studere hvordan reduserte saltmengder kan påvirke vannbindingskapasitet, tekstur, smak og holdbarhet.
- 4) Gjennomføre en økonomisk kalkyle av marineringsprosessen for halvfabrikata marinerte sildeprodukter.

Etter avtale med styringsgruppen (referat fra 1. styringsgruppemøte), ble det gjort noen endringer i prosjektets mål nr. 2 (se detaljene i seksjon 4.2):

- Studere hvordan *reduserte saltmengder i marinaden påvirker kvalitet og holdbarhet av pre-marinerte sildebiter* fra NVG sild med ulike fettinnhold og størrelse gjennom sesongen fra september til februar, under modning og lagring av prosjektet.

¹ Helsedirektoratet i Norge anbefaler å senke NaCl inntaket fra dagens nivå på 10 g/dag til 5 g/dag.

4 Prosjektgjennomføring

4.1 Uttak av sild

I følge prosjektbeskrivelsen skulle første uttak av sild skje i februar 2013. Siden prosjektet ble bevilget 14. januar 2013 og Hopen Fisk AS avsluttet sildesesongen rundt samme tid, var det ikke mulig å gjennomføre forsøket før høsten 2013. I enighet med Hopen og styringsgruppa ble det foreslått tre nye uttak av sild gjennom sesongen 2013/2014 (**Tabell 1**). Dette medførte at prosjektet ble forsinket med flere måneder i forhold til den opprinnelige sluttdatoen. I følge dette ble også datoer på ulike leveranser endret (mer detaljer i seksjon 6).

Tabell 1 Oversikt over uttak av sild

Uttak av sild	Dato	ID i rapport/leveranser
Sesong #1	6. november 2013	Høst 2013, Nov 2013
Sesong #2	13. januar 2014	Vår 2014, Jan 2014
Sesong #3	31. oktober 2014	Høst 2014, Okt 2014

4.2 Endringer i forhold til opprinnelig prosjektbeskrivelse

Følgende punkt ble forandret i forhold til den opprinnelige prosjektbeskrivelsen i prosjektsøknaden:

- Tre uttak av sild (**Tabell 1**) i stedet for to (vår og høst).
- Ingen bestemte størrelsesklasser i de tre uttakene. I stedet for tre ulike størrelsesklasser (< 200 g; 200 – 400 g; > 400 g) ble det målt størrelsesfordeling av fisken i hvert av uttakene.
- 8 ulike saltkonsentrasjoner (NaCl, KCl) i marinadene, i stedet for 2 ulike konsentrasjoner (beskrevet nærmere i seksjon 4.4.2).
- Syreinnholdet var konstant i marinadene (4,7%) i hht opprinnelig resept.
- Produktene ble lagret i tradisjonelle tønner i de siste to uttakene (Jan 2014 og Okt 2014) i stedet for 20 kilos bøtter som ble benyttet i det første uttaket (Nov 2013).
- Å studere inntrenging av salt og syre med MR-analyser i NVG-sildefileter med ulikt fettinnhold og størrelse ble ikke prioritert.
- Smakstest av halvfabrikata produkter ble prøvd men det fungerte ikke (grunnet for høy surhet, usmakelig), og erstattet med smaking av ferdig marinert sild.

4.3 Metodikk

Analyser som ble utført for karakterisering av råstoff, sildebiter, laker og marinader under marineringsprosessen er oppsummert i **Tabell 2**.

Tabell 2 Oversikt over analysene som er benyttet i prosjektet.

Analyse	Metode	Referanse	Utført av
Kjemisk sammensetning			
Tørrestoff/vann	Tørking, gravimetri	Intern protokoll	SINTEF
Aske innhold	Forbrenning, gravimetri	Original metode i [1]	SINTEF
Totalt fett	Bligh&Dyer totalt fett ekstraksjon	[2]	SINTEF
pH	pH meter	Utstys manual	SINTEF
Innhold av natrium (Na ⁺) og kalium (K ⁺)	Na/K elektrode	Utstys manual + [3, 4]	SINTEF
Frie fettsyrer	Spektrofotometrisk	[5]	SINTEF
Fysiske egenskaper			
Tekstur	Press plate, tekstur analyser	Intern protokoll	SINTEF
Masse (vekt)	Gravimetri, analytisk vekte	Intern protokoll	SINTEF
Farge (L, a, b)	Fargemeter	Intern protokoll	SINTEF
Harskings (lipid oksidasjon)			
Peroksid verdi	Spektrofotometrisk	IDF as in [6]	SINTEF
Konjugerte diener	Spektrofotometrisk	[7]	SINTEF
TBARS	Spektrofotometrisk	[8]	SINTEF
Andre analyser			
Sensorisk vurdering	Semi-opplært panel		SINTEF
	Kimtall ved 20°C (akkreditert)	NMKL 184	Analysesenteret,
Mikrobiell vekst	Kimtall ved 20°C med tilsatt 3.5% salt (ikke akkreditert)	NMKN 96	Trondheim

4.4 Prosjektplan

4.4.1 Dagens marineringsprosess

I prosjektet ble det tatt utgangspunkt i marineringsprosessen slik den gjennomføres hos Hopen Fisk AS per prosjektstartdato.

- Produksjon av sildebiter:** Filetering av sild og porsjonering til biter med bredde på 2,5 cm ved bruk av fileteringsmaskinen Baader 235 og 541.
- Sortering:** Ukurante sildebiter blir utsortert.
- Forlaking:** Sildebitene blir lagt i saltlake (11% NaCl) i 1000 L container, hvor forholdet mellom fisk og lake er 400 kg fisk og 400 kilo saltlake, med automatisk omrøring i de første 3 – 5 min. Deretter blir silda satt på kjølelager i 12 – 18 timer og rørt om manuelt i ca. 5 timer. Silda blir holdt nede ved hjelp av pressplate i containeren.
- Avsiling:** Etter forlake-prosessen blir sildebitene avsilt fra saltlaken.
- Marinering:** Deretter blir bitene lagt i tønner med eddikmarinade (lav syre sild: syreinnhold ca. 3%, saltinnhold ca. 12,5%, høy syre sild: syreinnhold ca. 4,5% og saltinnhold ca. 14,5%). Resepten for eddikmarinaden er noe forskjellig avhengig av sesong. Forhold fisk og marinade er 88 kilo sildebiter og 54 kilo eddikmarinade, total netto vekt på tønnene er 142 kilo. Tønnene rulles noen ganger før de settes på høykant. Tønnene selges med nettoinnhold på 72 kilo sildebiter. Det er et vekttap på

ca. 18% i marineringsstrinnet. Man har en vektøkning på ca. 10% i saltetrinnet slik at man i prosessen har et vekttap på ca. 8 – 10% i forhold til råvarevekten. Det er viktig at tønnene fylles helt opp slik at luft ikke er tilstede. Det brukes en hullnettingkil for å holde bitene neddykket. Prisen er 300,- kr/tønne levert Kabelvåg. Tønnene har levetid på 10 sykluser.

6. **Rulling:** Det er viktig at tønnene blir rullet etter at sildebitene er lagt i slik at alle bitene får kontakt med laken.
7. **Europalletering:** Tønnene blir plassert på europall, 4 stykker per pall og lagret ved ca. –2°C.
8. **Lagring:** Etter 3 uker lagring i eddikmarinade kan sildebitene produseres til ulike ferdig produkter av sluttprodusent. Holdbarheten til eddikmarinert sildebiter lagret i tønner er ca 10 mnd.
9. **Transport:** Ved lasting av bil blir europallen kjørt inn i bilen og tønnene rullet av. De fleste tønnene blir kjørt på kjølerom med gaffel uten paller og lastet i bilen med gaffel uten paller. Det går 200 fulle tønner på en bil. Ved tomtønnefrakt går det 400 stk på en bil. Tønnene kommer tomme tilbake og må vaskes før de tas i bruk igjen.

4.4.2 Marinader

Dagens marinade – ABBA Høstresept til høysyre sild med 4,7% eddiksyre og 14,5% NaCl – ble brukt som referansemarinade (R) i alle tre sesongforsøkene (**Tabell 3** viser spesifikasjoner for ulike resepter inkl. høysyre sild – høstresept). Ulike eddiksyremarinader med reduserte saltmengder og erstatning av NaCl med KCl (merket A, B, C, D, E, F, G) ble benyttet og sammenlignet med dagens marinade (R). Det var viktig å ha et likt forhold (på molar basis) mellom NaCl og KCl i marinader som inneholdt begge saltene. **Tabell 4** viser sammensetningen av de ulike marinadene. En grafisk oversikt over både absolutte og relative saltkonsentrasjoner, samt redusert saltmengder i de ulike marinadene er gitt i **Figur 1**. Alle marinader (A – G) ble laget av SINTEF, inkludert dagens marinade (R). Under forsøket i oktober 2014 ble også Hopen sin sild (produsert i 150 L tønner, merket P) inkludert i lagringsforsøket og benyttet som referansegruppe.

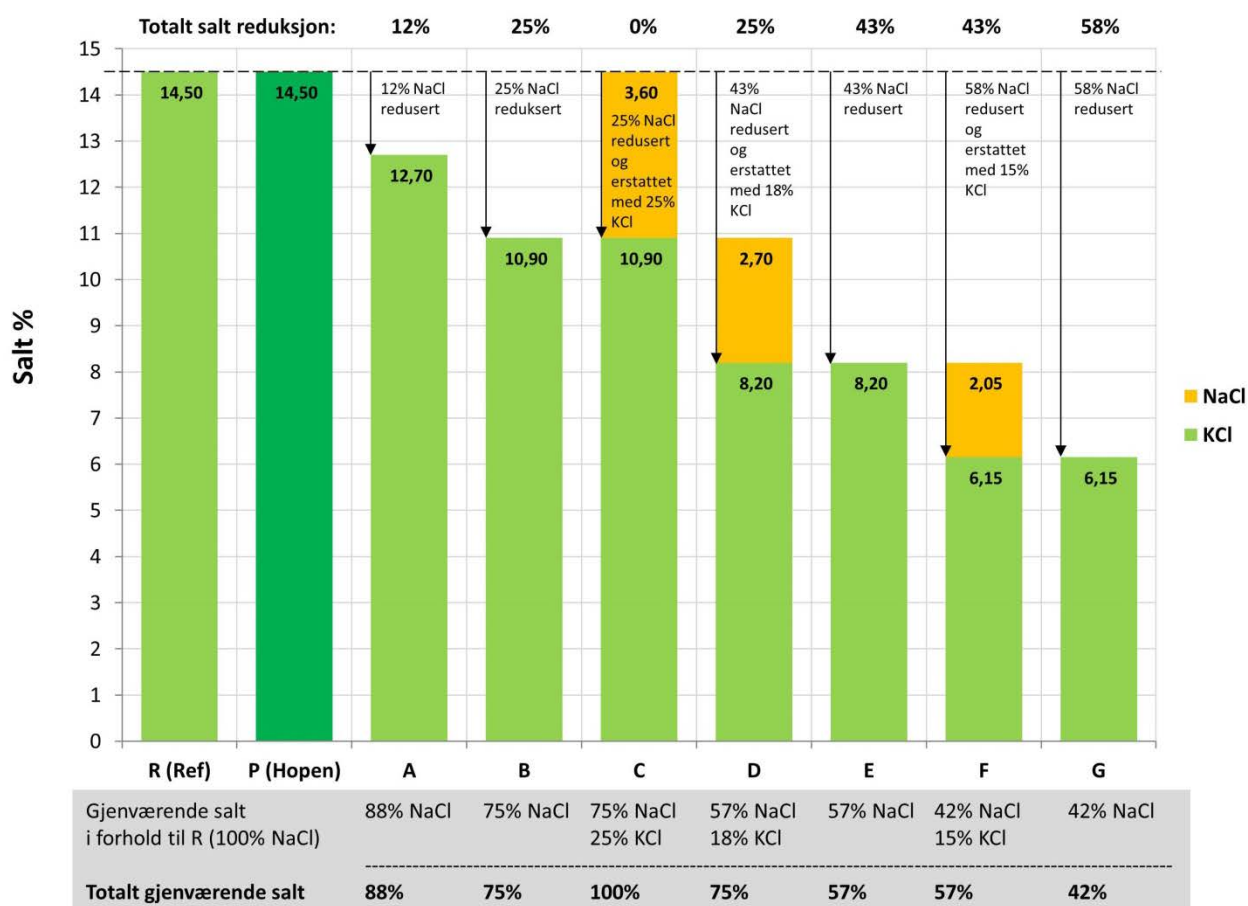
Målte saltkonsentrasjoner i nylaget forlaker og marinader er gitt i **Figur 2**. Disse konsentrasjonene samsvarer relativt godt til de teoretiske verdiene foreslått i forsøksoppsettene, men med noen avvik. Disse avvikene må man ta hensyn til når man tolker resultatene.

Tabell 3 Reseptene for lavsyre og høysyre sild som benyttes av industrien

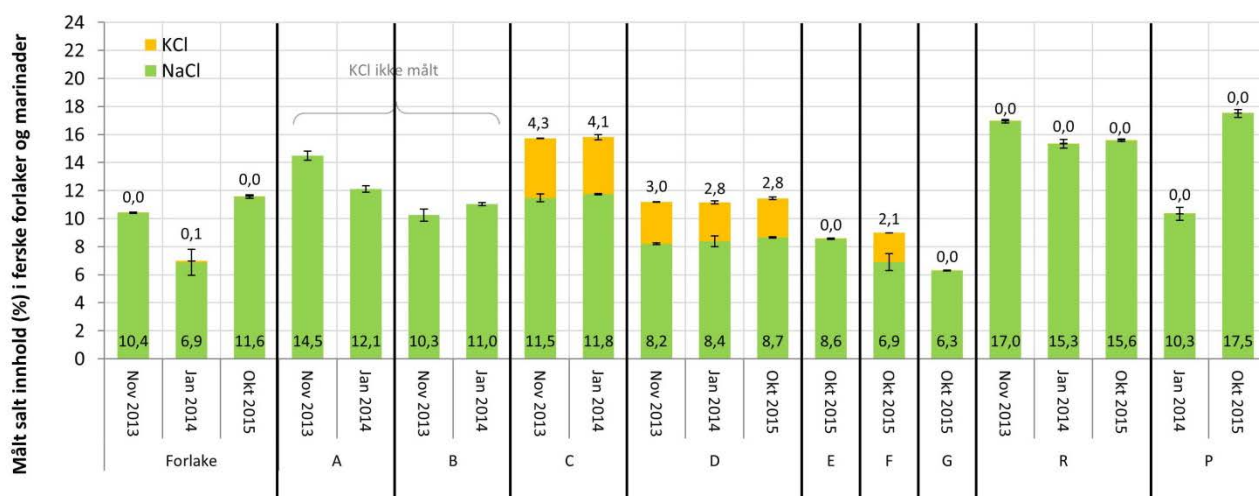
Spesifikasjon	Lavsyre sild		Høysyre sild	
	Høstresept	Vårresept	Høstresept	Vårresept
Syreinnhold i fersk marinade	2,9 – 3,3 %	2,7 – 3,0 %	4,5 – 4,9 %	3,9 – 4,3 %
i sild etter 4 uker	1,3 – 1,7 %	1,3 – 1,7 %	2,0 – 2,4 %	2,0 – 2,4 %
Saltinnhold i fersk marinade	12,5 – 13,5 %	12,0 – 13,0 %	14,0 – 15,0 %	13,3 – 14,3 %
i sild etter 2 uker	6,0 – 7,5 %	6,0 – 8,0 %	6,0 – 8,0 %	6,0 – 8,0 %

Tabell 4 Sammensetning av de ulike marinadene, samt reduksjon av total salt og NaCl (kalkulerte verdier fra teoretisk forsøksoppsett).

% = w/v		Eddiksyre %	Totalt salt innhold		NaCl		KCl	forhold NaCl/KCl mol
Sesong	Marinade		%	Reduksjon %	%	Reduksjon %	%	
Nov 2013 Jan 2014 Okt 2014	A	4,70	12,70	12	12,70	12	-	-
	B	4,70	10,90	25	10,90	25	-	-
	C	4,70	14,50	0	10,90	25	3,60	0,26
	D	4,70	10,90	25	8,20	43	2,70	0,26
	R	4,70	14,50	0	14,50	0	-	-
	E	4,70	8,20	43	8,20	43	-	-
	F	4,70	8,20	43	6,15	58	2,05	0,26
	G	4,70	6,15	58	6,15	58	-	-
	P (Hopen)	4,70	14,50	0	14,50	0	-	-



Figur 1 Absolutt og relativ salt mengder i marinader – teoretiske verdier fra forsøksoppsettene



Figur 2 Målt saltinnhold i nylaget (ferske) forlaker og marinader i de ulike forsøkene

4.4.3 Forsøksoppsett

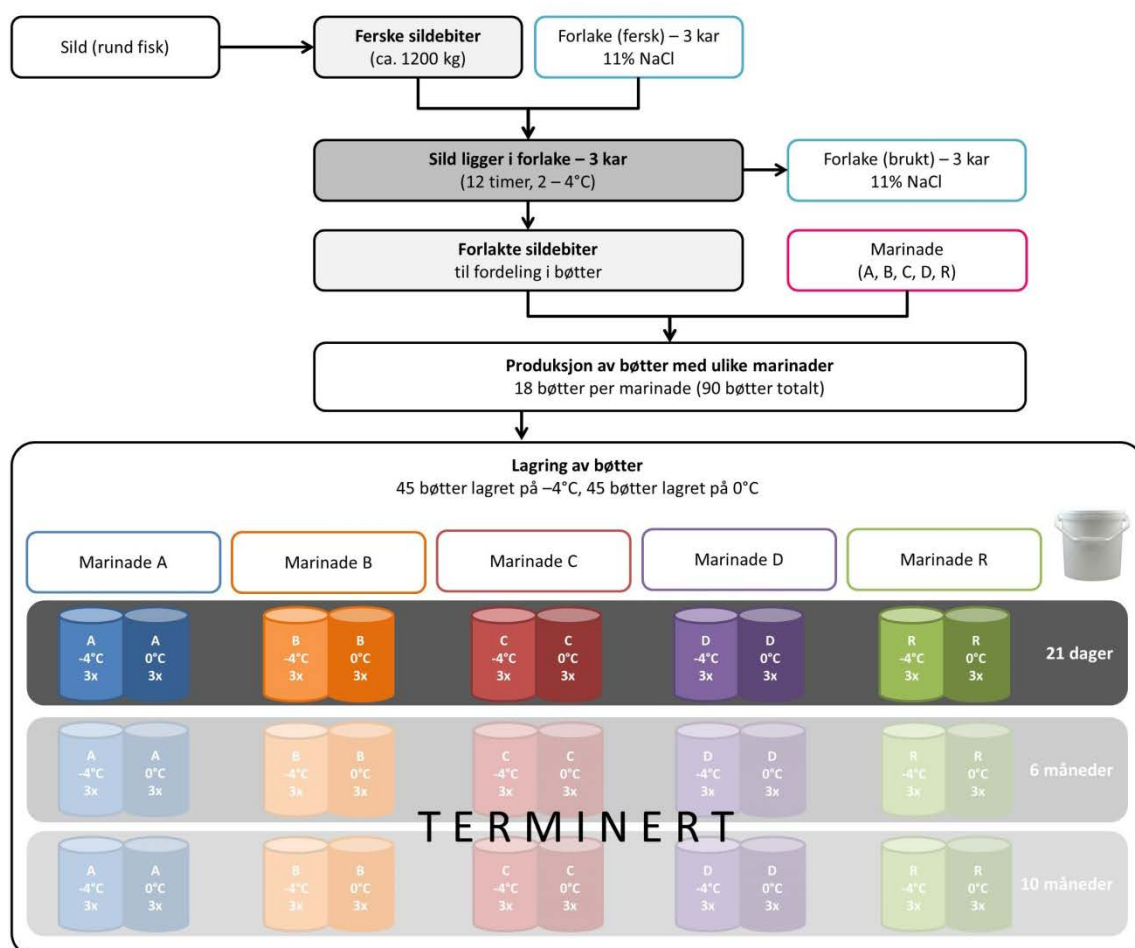
Hovedforskjeller mellom de tre forsøkene er oppsummert i **Tabell 5**. Forsøket fra Nov 2013 ble avbrutt etter det første uttaket (etter 21 dager av lagring) pga. sannsynlig harskning og dårlig lukt av silda. Det viste seg at bøttene som ble brukt ikke var tilstrekkelig fylt opp med marinade. I tillegg viste det seg at platen ikke hadde oksygenbarriere. Det ble benyttet 30 L tradisjonelle blå tønner (mindre utgaver av tønnene som benyttes i fabrikkproduksjon) i de to neste forsøkene, se **Figur 3**. Tønnene ble fylt helt opp med marinade slik at man unngikk luftlommer i tønnene. Detaljerte forsøksoppsett for de tre sesongene er skjematisk vist i **Figur 4** (Nov 2013), **Figur 5** (Jan 2014) og **Figur 6** (Okt 2014), og en skjematisk oversikt over prøveuttak i de tre sesongene er gitt i **Figur 7**. En full oversikt over analyser som ble utført på sildebiter i de ulike sesongforsøkene er gitt i **Tabell 6**.

Tabell 5 Forskjeller mellom forsøksoppsettene til de ulike sesongene

	Nov 2013	Jan 2014	Okt 2014
Lagringstemperatur	−4°C, 0°C	−4°C, 0°C	−4°C
Lagringstid/uttak	21 dager	35 dager, 6 mnd, 10 mnd	35 dager, 6 mnd, 10 mnd
Marinader	A, B, C, D, R	A, B, C, D, R	D, E, F, G, R, P
Oppbevaring	10 L hvite bøtter	30 L blåe tønner	30 L blåe tønner
luftlommer i beholdere	Ja	Nei	Nei
Ant. tønner	21 dager: 1x	35 dager: 2x* 6 mnd: 1x 10 mnd: 3x	35 dager: 2x 6 mnd: 2x 10 mnd: 2x
Ferdig marinering	Nei	Ja – etter 35 dager	Nei



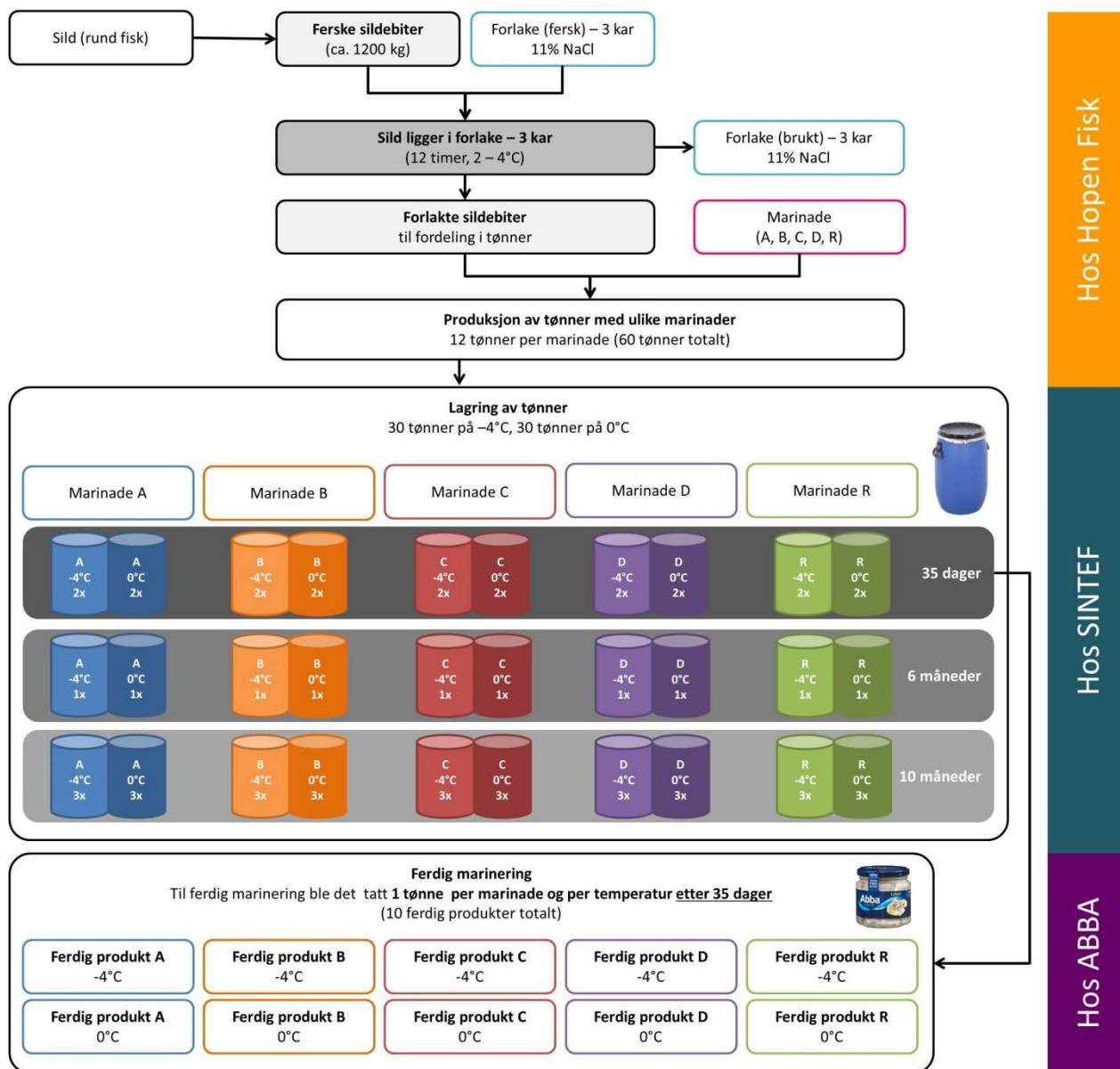
Figur 3 Hvite plastbøtter ble benyttet i første forsøk (Nov 2013), mens tradisjonelle blåe tønner ble benyttet i de to neste forsøkene (Jan 2014 og Okt 2014).



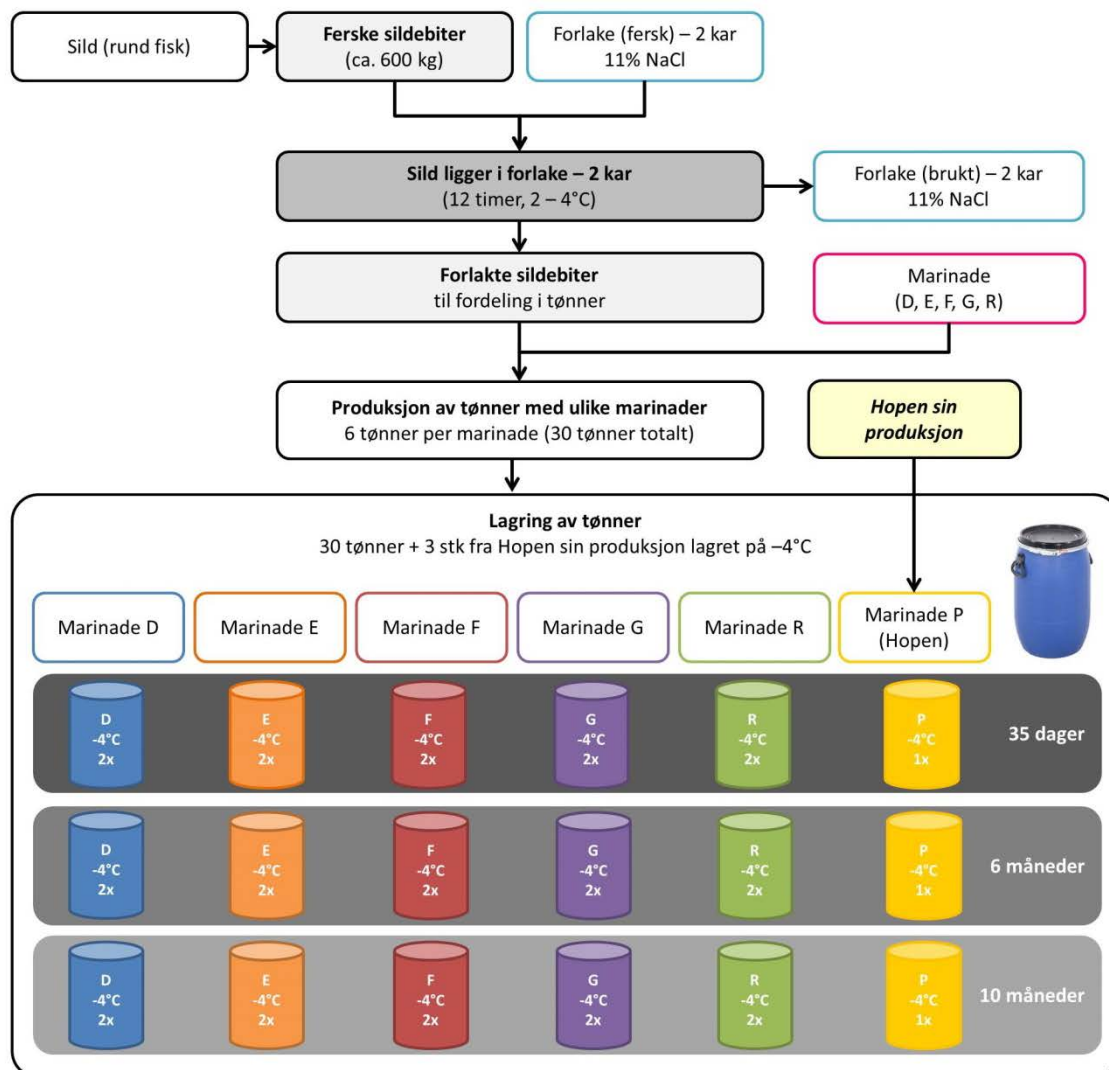
Hos Hopen Fisk

Hos SINTEF

Figur 4 Forsøksoppsett for sesong #1 / Nov 2013 / Høst 2013



Figur 5 Forsøksoppsett for sesong #2 / Jan 2014 / Vår 2014



Hos Hopen Fisk

Hos SINTEF

Figur 6 Forsøksoppsett for sesong #3 / Okt 2014 / Høst 2014

Sesong #1 / Nov 2013 / Høst 2013



Sesong #2 / Jan 2014 / Vår 2014



Sesong #3 / Okt 2014 / Høst 2014



Figur 7 Skjematisk bilde av prøveuttak (inkl. datoer) i de ulike forsøkene

Tabell 6 Oversikt over analyser som ble utført på sildebiter i de ulike forsøkene

	Sesong #1 / Nov 2013 / Høst 2013				Sesong #2 / Jan 2014 / Vår 2014										Sesong #3 / Okt 2014 / Høst 2014				
Sildebiter	Ferske	Saltet	Pre-marinererte		Ferske	Saltet	Pre-marinererte						Ferdig marinerte ¹		Ferske	Saltet	Pre-marinererte		
Marinade			A, B, C, D, R				A, B, C, D, R						A, B, C, D, R				D, E, F, G, R, P		
Lagringstid			21 dager				35 dager		6 mnd		10 mnd		Dag 0				35 d	6 mnd	10 mnd
Temperatur (°C)			-4	0			-4	0	-4	0	-4	0	-4	0			-4	-4	-4
Tørrstoff/Vann	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•		
Aske	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•		
Totalt fett	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•	•	•	•		
Surhet (pH)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Tekstur			•	•			•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
Vekt per bit	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
Vektøkning under forlaking	•	•			•	•									•	•			
Totalt vekttap																	•	•	•
Na ⁺ /K ⁺ innhold	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	• ³
Farge: Lyshet	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
Farge: Rødhet	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
Farge: Gulhet	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
Sensorisk test ²													•	•					
Mikrobiell vekst			•	•							•	•							•
Frie fettsyrer	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•	•	•	•		
Peroksidverdi					•	•	•				•		•		•	•	•		
Konjugerte diener	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•	•	•	•		
TBARS	•	•	•	•	•	•	•	•			•		•	•	•	•	•		

¹ Ferdig produkt ble laget fra pre-marinererte biter lagret i 35 dager ved både -4 og 0°C

² Sensorisk test ble gjennomført i tillegg på Dag 7, Dag 11 og Dag 22

³ K⁺ ble ikke ferdiganalysert per rapport dato grunnet defekt på måleutstyret

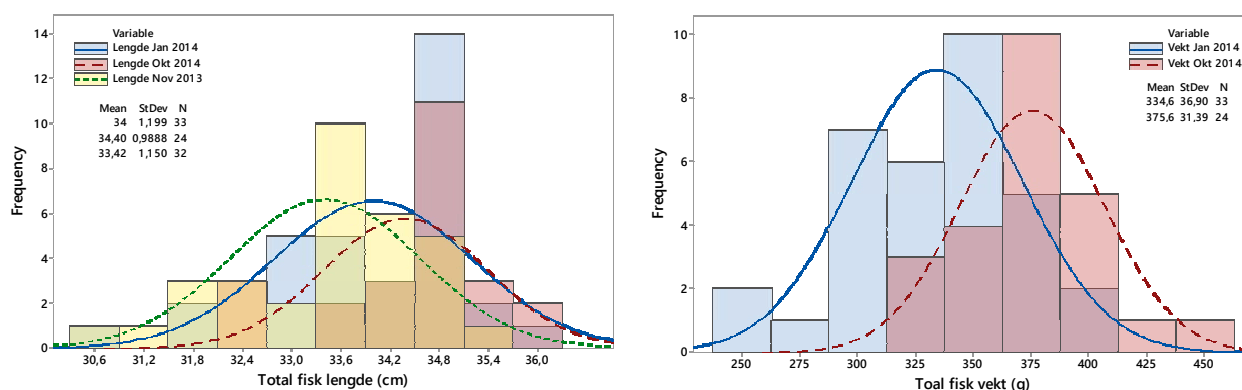
5 Resultater, diskusjon, og konklusjoner

5.1 Sesongvariasjon

Marineringsforsøk ble gjennomført med sild fanget i tre ulike sesonger – i november 2013 og oktober 2014 (høstsild), og januar 2014 (vårsild). Total lengde og vekt av rundfisk er målt, samt total fettmengde i rå sildebiter (**Tabell 7**). **Figur 8** viser lengde og vekt fordeling i silda i de ulike sesongene. Den gjennomsnittlige lengden av fisk var lik i de tre sesongene (ca. 34 cm) og lengden varierte mellom 30 og 36 cm, mens den gjennomsnittlige vekta var høyere for høstsild enn for vårsild (**Tabell 7**) og varierte mellom 250 – 400 g (vårsild) og 325 – 450 g (høstsild) (**Figur 8**). Fettinnholdet var høyest i sild fangstet i november 2013 ($16,3 \pm 0,1\%$), og lavest i sild fangstet i januar 2014. Resultatene viser at vår/vintersild er magrere en høstsild. Sild med høyt fettinnhold kan ha en økt tendens til harskning sammenlignet med sild med lavere fettinnhold.

Tabell 7 Karakterisering av sild i tre ulike sesonger

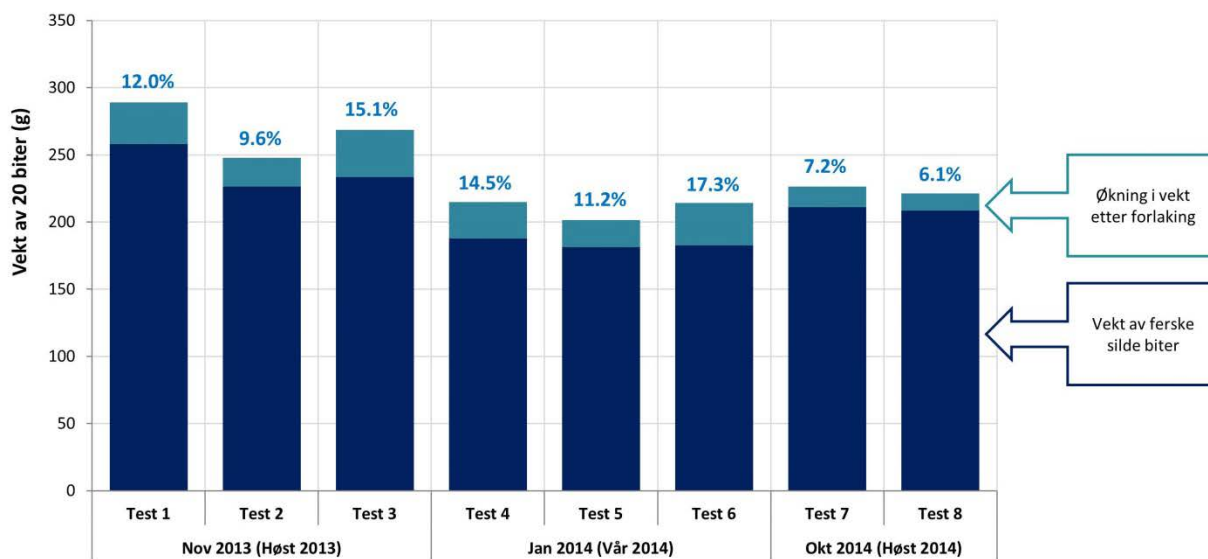
Fangstsesong	Lengde av hel sild (cm)	Vekt av hel sild (g)	Fett i kvernet rå biter (%)
Nov 2013	$33,4 \pm 1,1$ ($n = 32$) b	ikke målt	$16,3 \pm 0,1$ ($n = 2$) A
Jan 2014	$34,0 \pm 1,2$ ($n = 33$) a,b	335 ± 36 ($n = 33$) b	$11,5 \pm 0,1$ ($n = 2$) C
Okt 2014	$34,4 \pm 1,0$ ($n = 24$) a	376 ± 31 ($n = 24$) a	$13,9 \pm 0,2$ ($n = 2$) B



Figur 8 Fordeling av fisk basert på total fiskelengde og total fiskevekt i sild i de ulike sesongene

5.2 Vektøkning i sildebiter under forlaking

Det ble gjennomført flere målinger for å studere opptak av vann og salt i sildebiter under forlaking. Tjue ferske biter ble veid, lagt i forlake i en permeabel pose, og veid igjen etter forlaking (12 timer) og avsilling. Resultatene er presentert i **Figur 9**, og viser ingen tydelig tendens mht vektøkning under forlaking for verken vårsild (Jan 2014) eller høstsild (Nov 2013 og Okt 2014). Vektøkningen varierte mellom 6,1% og 17,3% i de ulike målingene. Den gjennomsnittlige vektøkningen beregnet fra alle målingene ble $12 \pm 4\%$ ($n = 8$). Dette resultatet er i samsvar med vektøkning på ca. 10% i saltetrinnet observert i fabrikkproduksjon hos Hopen.

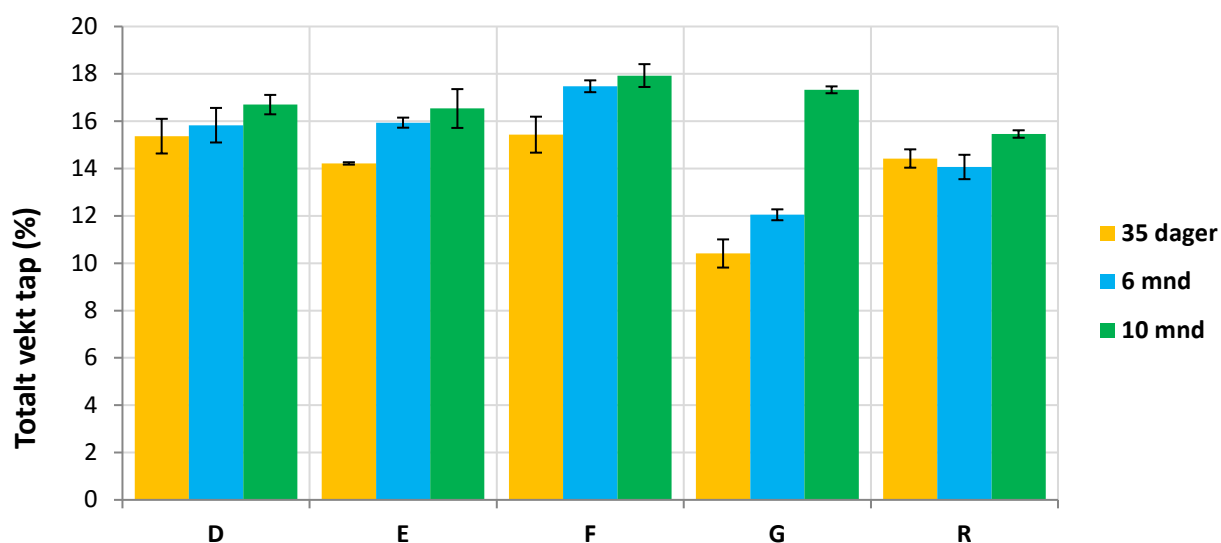


Figur 9 Vektøkning i sildebiter under forlaking i de forskjellige sesongene

5.3 Totalt vekttap i sildebiter under pre-marinerings

Effekten av det reduserte saltinnholdet i marinadene på totalt vekttap i sildebiter ble evaluert i sesongen Okt 2014 (25 – 58% saltreduksjon i marinader). For å gjøre dette ble det gjennomført vektmålinger av alle sildebiter i tønnene, dvs. 20,0 kg avsilt forlakte biter ble veid i hver tønne, og veid igjen etter pre-marinerings og avsiling.

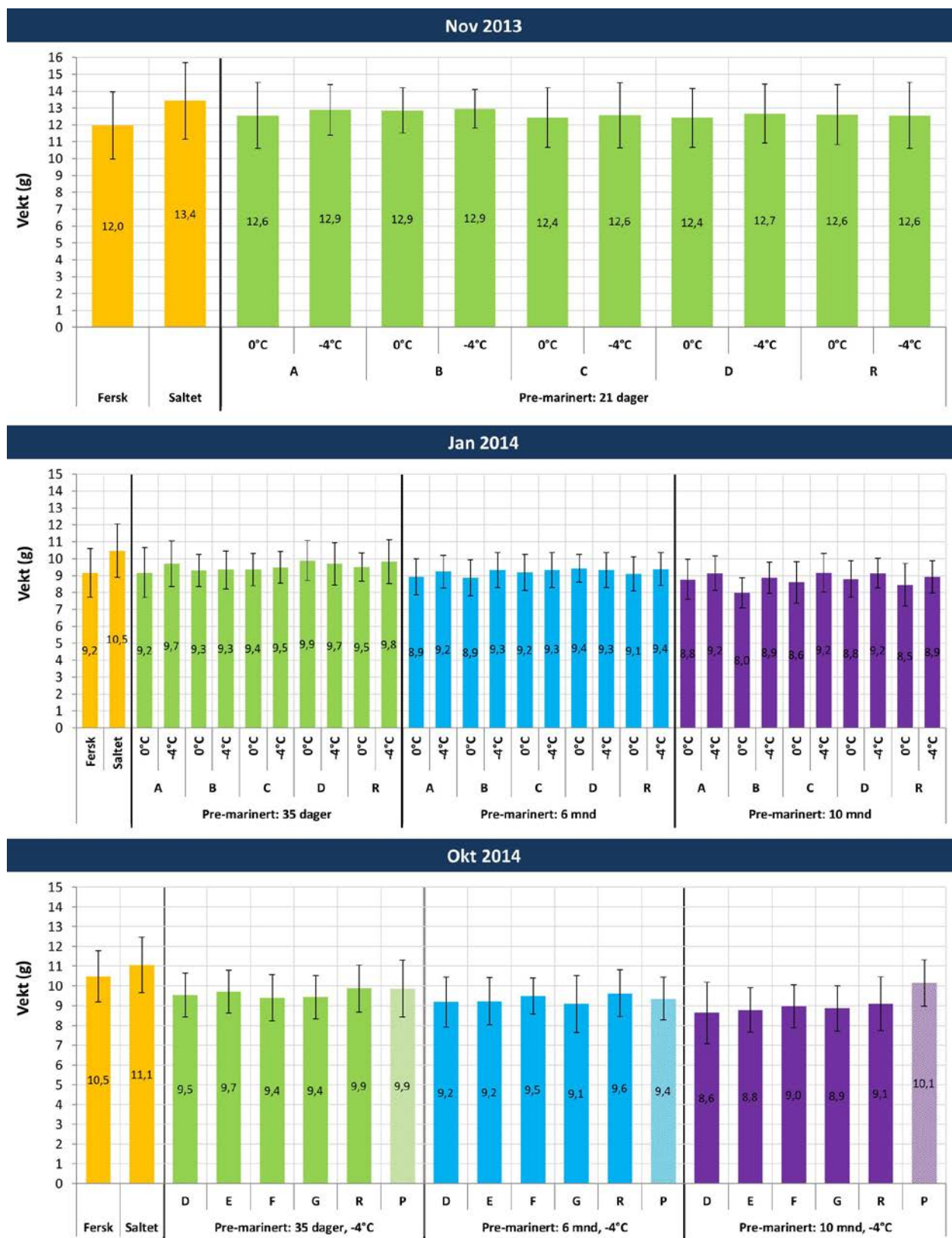
Det totale vekttapet i sildebitene varierte mellom 10 – 18% for de ulike marinadene, og økte betydelig med marineringsperioden. Det laveste vekttapet ble målt for marinade G etter 35 dager ($10,4 \pm 0,6\%$) og 6 mnd ($12,0 \pm 0,2\%$), men etter 10 måneder økte vekttapet og nådde like verdier som de andre marinadene ($17,3 \pm 0,1\%$). Vekttapet i marinadene D, E, F og R viste ingen forskjeller mellom hvert tidsuttak. Resultatene viser at bitene i marinade G (saltreduksjon på 58%) taper minst vekt tidlig i marineringsperioden. Dette tyder på at lav saltmengde i marinaden påvirker vekttap. Det ble observert at marinadene etter avsilling av sild inneholder fett (olje) og små fragmenter av sildemuskel og skinn. Det kan også være en del næringsstoff (proteiner, vitaminer) som diffunderte fra bitene og ble oppløst i marinadene [9]. Dette kan være hovedårsaken til vekttapet.



Figur 10 Totalt vekttap i bulk sildebiter under pre-marinerings i sesongen Okt 2014

5.4 Vektendringer i sildebiter

Vektendringer under pre-marinerings i de ulike sesongene og marinadene ble også evaluert ved vektmåling på tilfeldig utvalgte enkelte biter (**Figur 11**). Resultatene viser tydelig vektøkning under forlaking og nedgang i vekt igjen under pre-marinerings. Vekttapet fortsetter videre med marineringsstiden i liten, men betydelig, grad. Dette stemmer med resultatene på vektmåling av bulk sildebiter. Ingen påvirkning av lagringstemperatur ble funnet, og resultatene viser også at det er ingen effekt på de ulike marinadene.



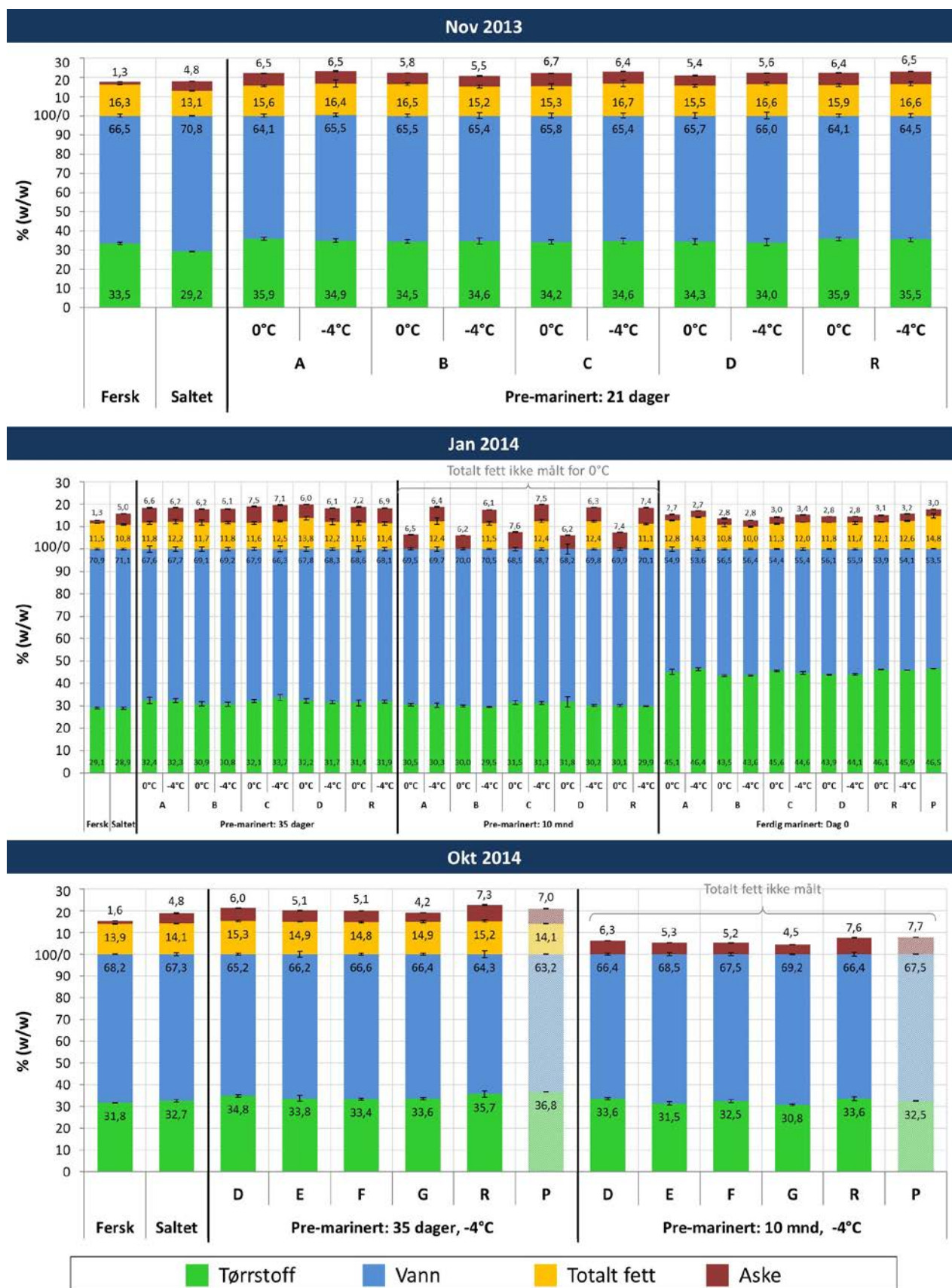
Figur 11 Vektendringer i sildebiter målt på tilfeldig utvalgte biter; $n = 20$ (P), $n = 40 - 120$ (A – F)

5.5 Kjemisk sammensetning

Den kjemiske sammensetningen av råstoffet (ferske biter) viser forskjeller i fettinnhold og aske mellom de ulike uttakene. Dette reflekteres i mengde tørrstoff i råstoffet (**Tabell 8**). Den kjemiske sammensetningen i sildebitene ble også analysert i de ulike fasene av marineringsprosessen i alle de tre sesongene. Resultatene er presentert i **Figur 12**. Analysene viser at lagringstemperatur (-4°C og 0°C) og ulike saltmengder i marinadene ikke påvirker mengden av tørrstoff og totalt fett i stor grad, og verdiene holder seg stort sett stabile i hele pre-marineringsfasen. Noe tap av vann skjer gjennom pre-marinering i forhold til forlaking. Forlaking øker askeinnholdet i silda dramatisk og pre-marinering øker det ytterligere. Askeinnholdet i sildebitene varierer i samspill med saltnivå i laken grunnet de tilsatte saltene i marinadene, men den endrer seg ikke betydelig med lagringstid og temperatur. Betydelig forandring i den kjemiske sammensetningen skjer etter ferdig marinerings. Ferdig marinerte biter taper en del vann, noe som fører til økt tørrstoff, samtidig ble askeinnholdet halvert i forhold til pre-marinerte sildebiter.

Tabell 8 Kjemisk sammensetning av råstoffet (ferske sildebiter)

Råstoff	Nov 2013	Jan 2014	Okt 2014
Tørrstoff, % (inkl. totalt fett, og aske)	$33,5 \pm 0,8$	$29,1 \pm 0,4$	$31,8 \pm 0,1$
Vann, % ($100 - \text{tørrstoff}$)	$66,5 \pm 0,8$	$70,9 \pm 0,4$	$68,2 \pm 0,1$
Totalt fett, %	$16,3 \pm 0,1$	$11,5 \pm 0,1$	$13,9 \pm 0,9$
Aske, %	$1,3 \pm 0,0$	$1,3 \pm 0,0$	$1,6 \pm 0,0$



Figur 12 Kjemisk sammensetning av sildebits. Totalt fett ble ikke analysert i alle prøver.

5.6 pH i sildebiter

Surhetsgrad (pH) i sildebitene ble målt i ulike faser av marineringsprosessen i alle de tre sesongene og resultatene er presentert i **Figur 13**. Ferske biter hadde pH 6,3 – 6,5. Under forlaking sank pH litt til 6,1 – 6,2 og under pre-marinerings sank pH ytterligere til $4,0 \pm 0,3$. Det siste tallet er i samsvar med Hopen sin produksjon (marinade P i Okt 2014). Det ble også målt pH i ferdige produkter laget fra pre-marinerte biter i sesongen Jan 2014, og pH i disse produktene varierte mellom 3,9 og 4,1. Resultatene viser tydelig at lagringstemperatur (0°C vs –4°C) ikke påvirker pH i bitene betydelig. Ulike mengder av salt eller erstatning av NaCl med KCl (se **Tabell 4**) for detaljer) i marinadene viste heller ingen dramatisk påvirkning på pH. Marinade R ga noe høyere pH (4,0 – 4,3) i alle forsøkene. Noe lavere verdier (3,7 – 3,9) ble målt i bitene etter 35 dager uansett marinade i Jan 2014 og Okt 2014 sammenlignet med verdiene etter 6 og 10 måneder hvor pH stabiliserte seg mellom 3,9 – 4,1. Dette viser at pH i bitene kan øke litt med lagringstid. Generelt sett var forskjellene i pH i bitene i pre-marineringsstrinnet små.

Figur 13 pH i sildebiter under marineringsprosessen i de ulike sesongene

5.7 Salt i biter

Sildebitene lå i ulike marinader med reduserte mengder av salt (NaCl), fra 12 – 58%. I marinade C, D og F ble en del av NaCl erstattet med KCl. Detaljert saltsammensetning i marinadene er oppsummert i **Figur 1**.

De målte saltkonsentrasjonene i bitene er gitt i **Figur 14** (for Nov 2013 og Jan 2014) og **Figur 15** (Okt 2014) og grafene viser saltmengder både i ferske, saltet, pre-marinerte og ferdig marinerte biter. I utgangspunktet, dvs. i ferske biter, var nivåene av både NaCl (0,3 – 0,5%) og KCl (0,6 – 0,7%) lave. Salting i 11% NaCl lake økte NaCl innholdet til 4,2 – 5,3% og senket nivået av KCl til ca. 0,3%. Den etterfølgende pre-marineringsprosessen økte NaCl-innholdet ytterligere, og i marinadene F og G ble det ikke målt signifikat økning sammenliknet med saltete biter. Dette viser at mesteparten av NaCl kommer fra salting og at marinadene enten øker i liten grad (A – E) eller opprettholder denne mengden (F, G). Der hvor KCl var tilsatt i marinaden, økte også KCl-innholdet i biter – ca. 1/3 av KCl i laker diffunderte inn i bitene.

Det er tydelig fra resultatene at salt diffunderer inn i bitene i ulik grad avhengig av saltinnholdet i marinaden. Jo lavere saltinnholdet i marinaden var, jo lavere ble saltinnholdet i pre-marinerte biter. Reduksjonsgrad av NaCl i bitene for de ulike marinadene er oppsummert i **Figur 16**. Grafen viser resultater fra forsøket i Jan 2014 og Okt 2014 som hadde like forsøksoppsett, og som samtidig hadde oppsett som likner industriell produksjon.

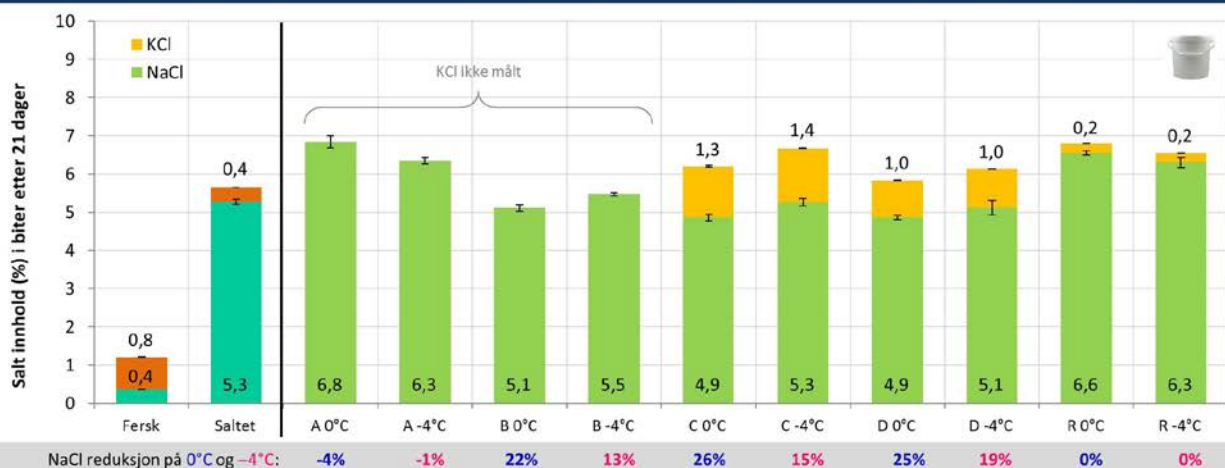
Ferdig marinering ble gjennomført på råstoff fra Jan 2014 med sildebiter som hadde ligget i pre-marinade i 35 dager. Ferdig marinerte biter som hadde ligget i marinade A, B og C og som inneholdte like mengder av NaCl (2.9 – 3.1%), fikk et redusert NaCl-innhold på mellom 4 – 12% sammenliknet med referansesilda. Ferdigmarinerte biter som hadde ligget i marinade D (43% NaCl redusert og erstattet med 18% KCl = 25% totalt salt reduksjon) fikk et redusert NaCl-innhold på mellom 19 – 22%. Disse resultatene viser tydelig at reduksjon av salt i pre-marinadene fører til lavere mengder av salt i ferdig produktet. Marinade D ga en betydelig salt reduksjon i ferdig produktet. KCl-innholdet i ferdig marinerte biter økte litt for marinade C og D, hvor KCl ble tilsatt.

Resultater fra Nov 2013 indikerer at ulike lagringstemperaturer påvirker salt diffusjon inn i bitene. Det ble funnet signifikante forskjeller i NaCl-innhold mellom sild som var lagret ved 0 og -4°C. Målingene i Jan 2014 viste derimot ingen effekt av temperatur på saltmengder i bitene. På grunn av veldig forskjellig forsøksoppsett for Nov 2013 og Jan 2014 (detaljer i **Tabell 5**) bør resultatene fra pre-marinering i Nov 2013 evalueres separat. Siden produksjonen i januar 2014 var tilsvarende industriell produksjon (det ble benyttet tradisjonelle tønner uten tilgang på luft) konkluderer vi med at temperaturene 0 og -4°C har liten betydelig på saltdiffusjon i sildebiter.

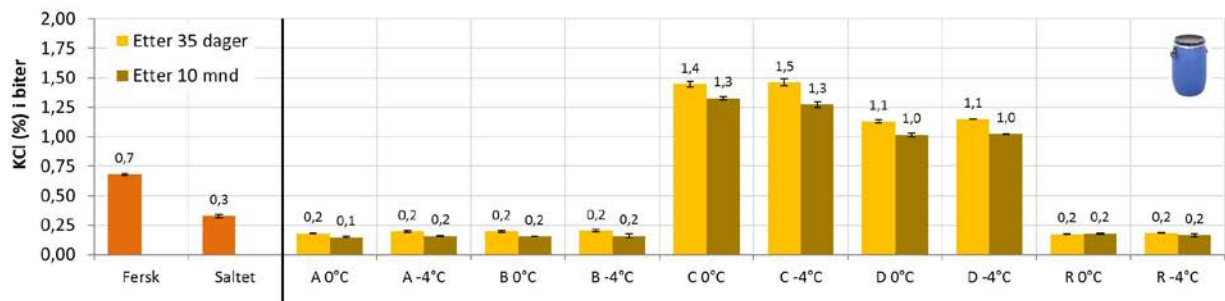
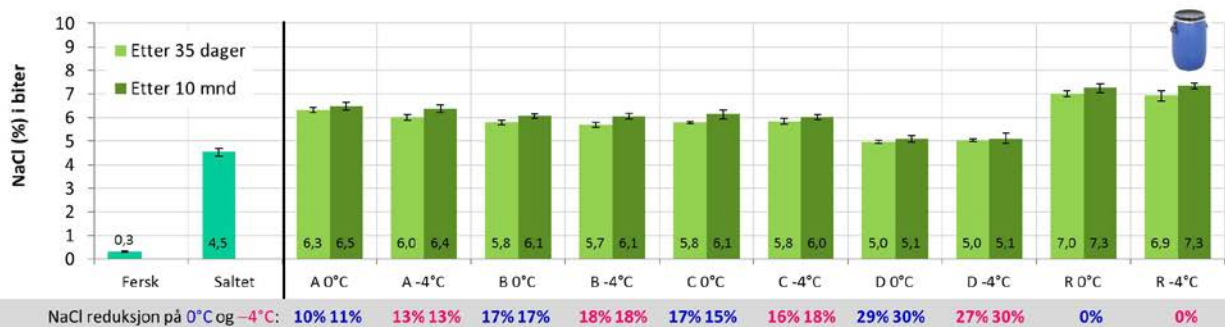
I Jan 2014 ble det observert en liten økning i konsentrasjon av NaCl ($4,1 \pm 1,6\%$, $n = 10$) og nedgang av KCl ($15,1 \pm 8,7\%$, $n = 10$) i biter med lagringstid – mellom 35 dager og 10 måneder. Denne trenden var ikke observert i Okt 2014 hvor saltmengder i biter holdte seg stabile over hele marinerings periode.

Vi fant ingen sammenheng mellom fettinnhold og saltopptak for sildebiter pre-marinert med marinade D, mens for marinade R, som hadde et høyere fettinnhold i bitene (Nov 2013) førte til noe lavere opptak av NaCl. Uti fra disse forskjellige resultatene kan man ikke konkludere at fettinnholdet påvirker NaCl opptak i bitene.

Nov 2013

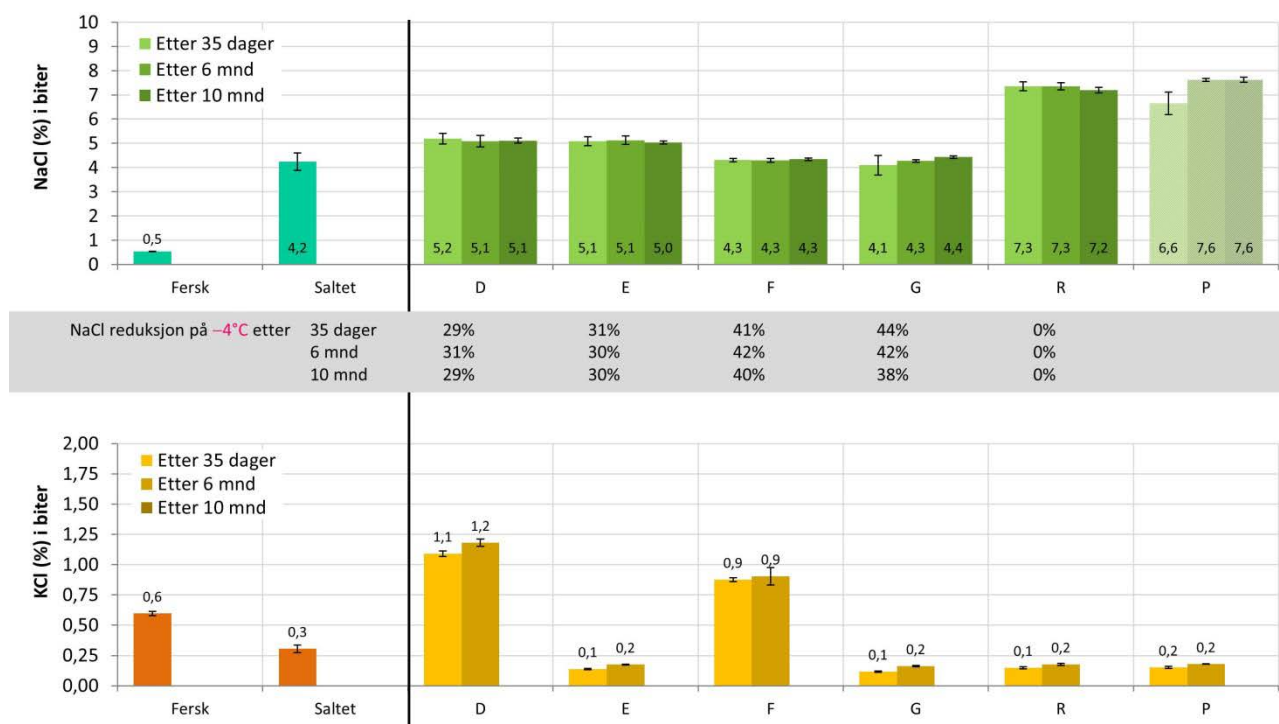


Jan 2014

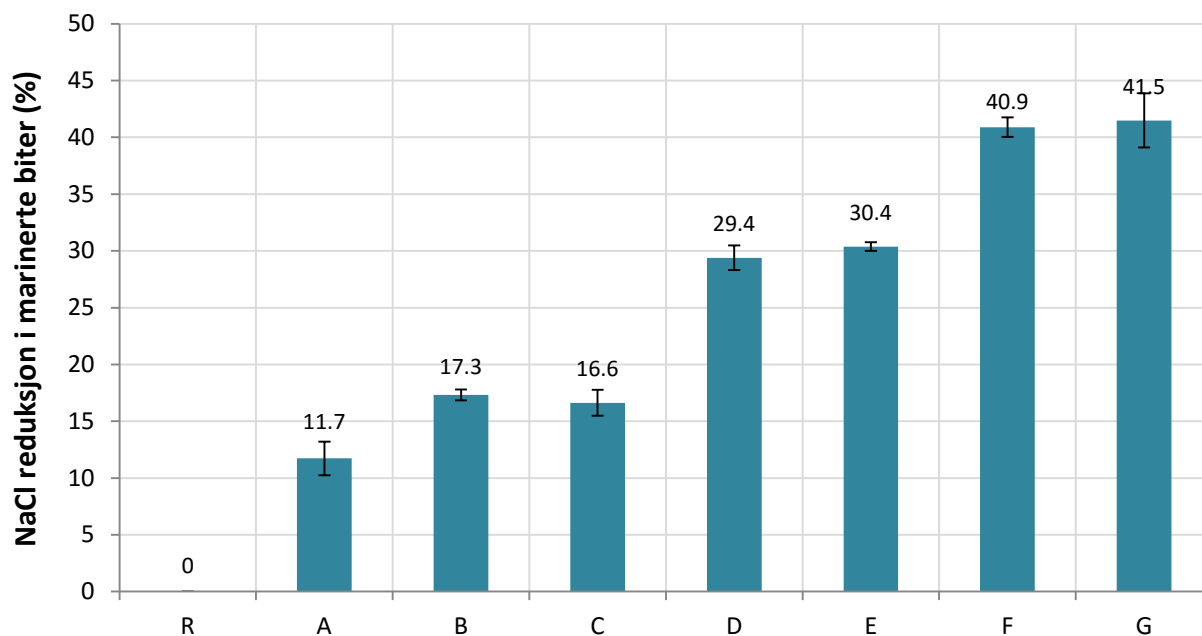


Figur 14 Salt (NaCl og KCl) i sildebiter i ulike faser av marineringsprosessen i Nov 2013 og Jan 2014

Okt 2014



Figur 15 Salt (NaCl og KCl) i sildebiter i ulike faser av marineringsprosessen i Okt 2014. (Grunnet defekt på måleutstyret ble K⁺ ikke ferdiganalysert i serien etter 10 mnd per rapport dato.)



Figur 16 NaCl reduksjons (%) i marinerte biter for de ulike marinader (A – G). Dataene er samlet fra målinger i Jan 2014 og Okt 2014 ($n = 3 - 7$). Marinade R er tatt med som referanse med 0% reduksjon.

5.8 Farge

Tre fargeparametere ble målt på sildebitene: **Lyshet** (L), **rødhet/grønnhet** (a) og **gulhet/blåhet** (b). Lyshet (L*) verdien angir lysheten fra svart (0%) til hvitt (100%), rødhet (a*) verdien angir fargen i en skala fra grønt (-60) til rødt (+60), og gulhet (b*) verdien angir fargen i en skala fra gult (+60) til blått (-60). Minolta fargemåler ble kalibrert mot en standard hvit kalibreringsplate. Prøvene fra Nov 2013/21 dager til Okt 2014/35 dager ble målt med en nyere Minolta fargemåler, og prøvene fra Okt 2014/6 mnd til Okt 2014/10 mnd ble målt med en annen eldre Minolta fargemåler grunnet defekt på den opprinnelige fargemåleren. I utgangspunktet bør de to fargemålerne gi samme resultat men i praksis kan det oppstå noen forskjeller grunnet feks forskjellige alder av lyskilden eller slitasje på den hvite kalibreringsflisen eller selve instrumentet.

5.8.1 Lyshet

L-verdiene er gitt i **Figur 17**. Resultatene viser at lyshetene på bitene holder seg ganske stabil i de ulike forsøkene og er ikke påvirket av verken lagringstemperaturer eller saltkonsentrasjoner i marinaden, inkludert erstatning av NaCl med KCl. Bitene ble noe lysere etter 6 mnd lagringstid sammenlignet med 35 dager for både råstoff fra Jan 2014 og Okt 2014, men det ble ikke funnet forskjell mellom 6 mnd og 10 mnd i lysheten fra råstoff fra begge de to sesongene. Resultatene tyder på at det er kun lagringstid som kan føre til endringer (økning) i lyshet. I Okt 2014 hvor også Hopen sin produksjon (P) ble målt var bitene fra Hopen sin tønne noe mørkere enn bitene fra forsøket.

Ferske og forlakesaltet sildebiter viste mye lavere lyshet enn de pre-marinerte bitene. Bitene fra Okt 2014 ble i utgangspunktet lysere ($\Delta 10$) enn bitene fra Jan 2014, og dette kan skyldes at råstoffet var fra to ulike sesonger, men det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom fettinnhold og lyshet.

5.8.2 Rødhet

a*-verdiene er gitt i **Figur 18**. Resultatene viser at salting og pre-marinering reduserer rødheten på de ferske bitene. Rødhet på de pre-marinerte bitene så ikke ut til å endre seg noe særlig med lagringstemperatur, men i dataserien fra Jan 2014/6 mnd ble det målt noe høyere verdier for -4°C . Det ble heller ikke funnet noen effekt av saltkonsentrasjon og erstatning av NaCl med KCl på rødhet fra de tre sesongene. Råstoff fra Okt 2014 var rødheten på silden fra Hopen sin produksjon (prøve merket P i figuren) noe forskjellige fra forsøksilden gjennom hele lagringsforløpet. Resultater viser tydelig at rødhet endres med lagringstid og bitene blir mer rød jo lengre de ligger i marinaden. I tillegg til at rødheten forandrer seg med lagringstiden, ble det også observert forskjeller i rødhet mellom sesongene.

5.8.3 Gulhet

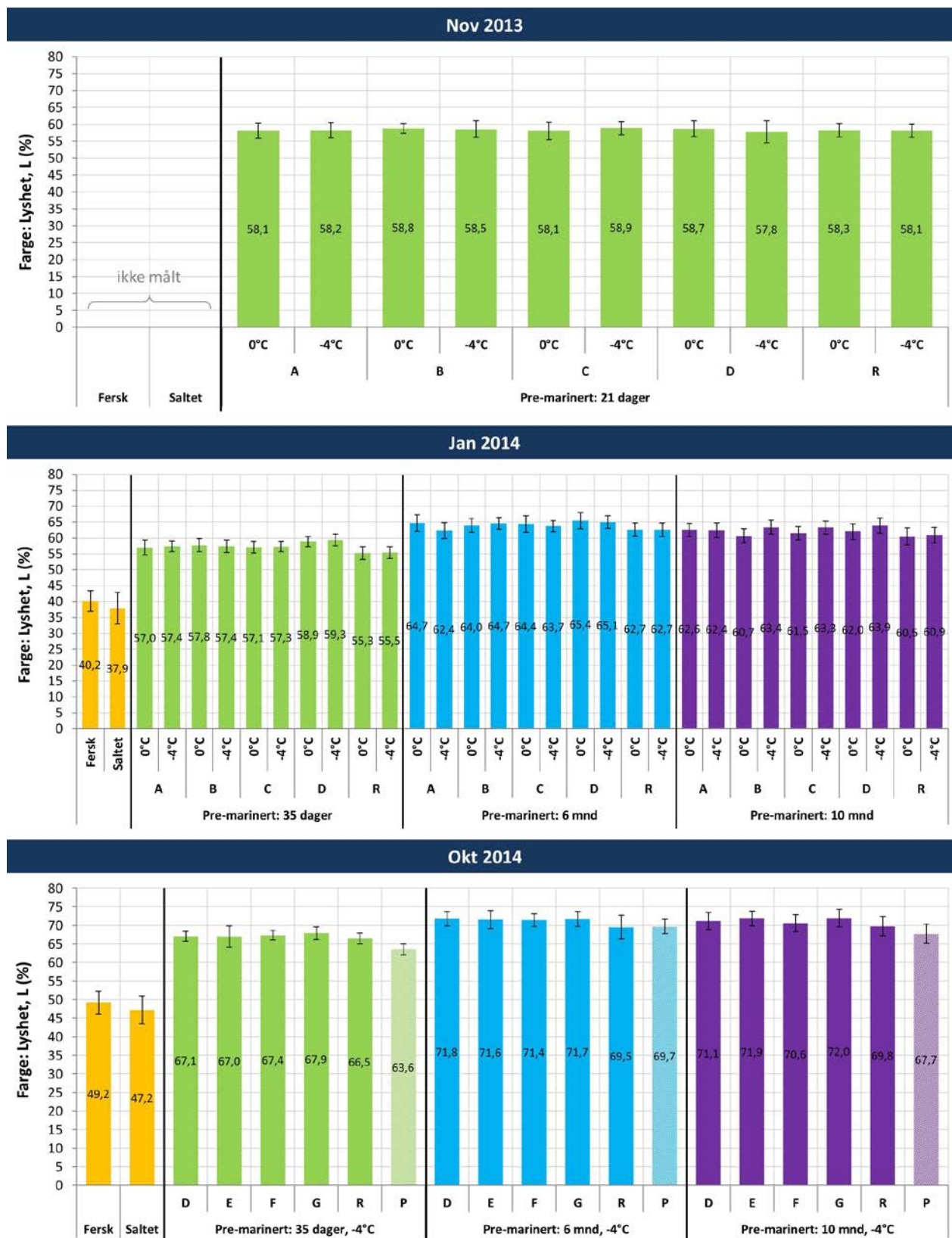
b*-verdiene er vist i **Figur 19**. Resultater viser at det var forholdsvis store standardavvik i datasettet, noe som peker på at det var store variasjoner i gulheten blant bitene. Ved visuell inspeksjon ble det oppdaget at en del biter var tydelig gule, hovedsakelig under pre-marinering. Årsaken til dette kan være enzymatiske reaksjoner, Maillard reaksjoner, eller økt oksidasjon av lipider og proteiner. Resultatene tyder på at lagringstemperatur ikke har noe særlig effekt på gulheten (gjelder dataserie fra nov 2013 og jan 2014). Forskjellige konsentrasjoner av salt og erstatning av NaCl med KCl hadde heller ikke stor påvirkning på gulhet bortsett fra marinade R (høyest saltinnhold), hvor bitene var noe mindre gule enn bitene fra marinader med reduserte saltkonsentrasjoner.

5.8.4 Farge: Oppsummering

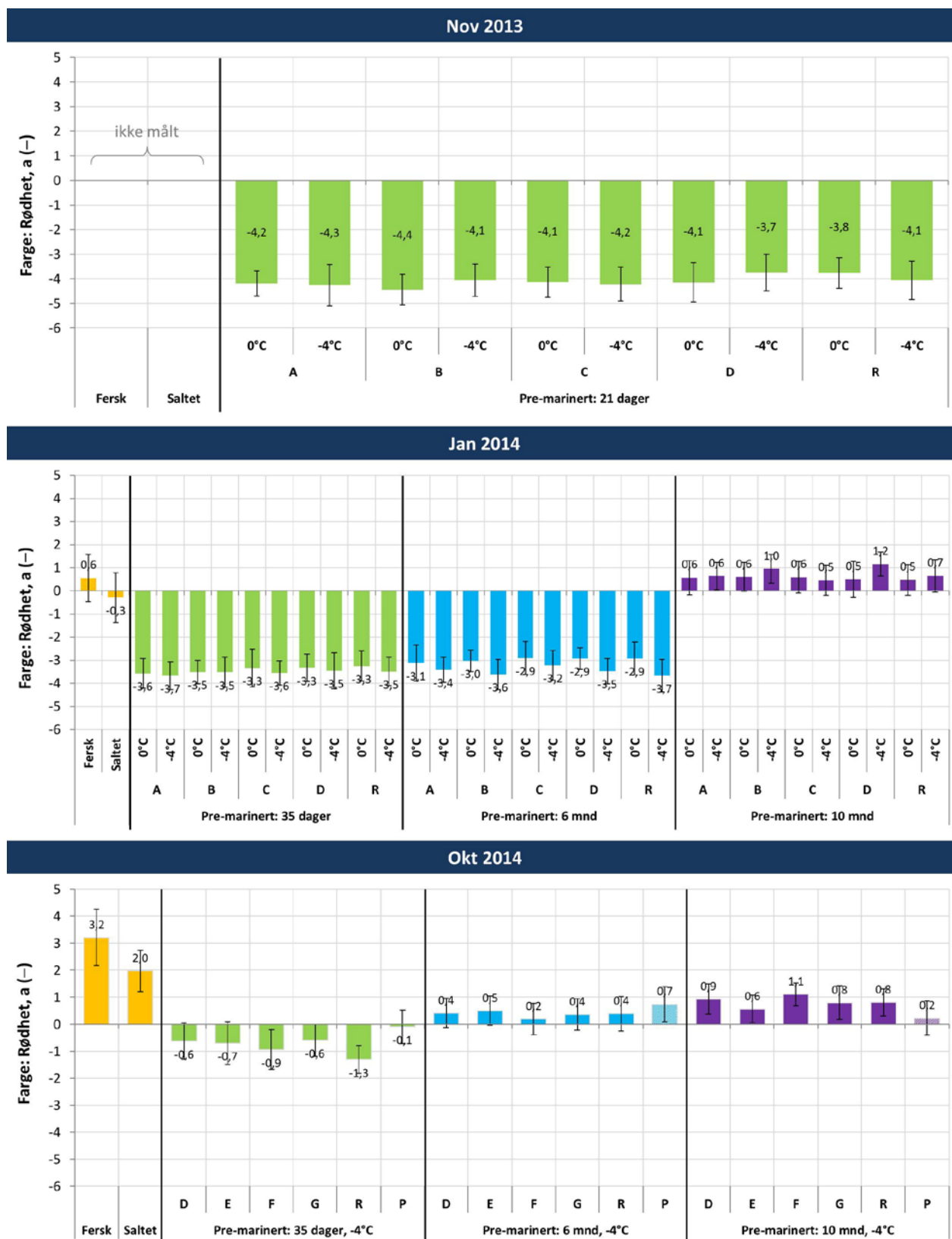
Farge (lyshet, rødhets og gulhet) på sildebiter kan oppsummeres som følger:

- Fargen på ferske og pre-marinerte sildebiter varierer med sesongen.
- Lagringstemperatur (-4°C vs 0°C) og marinade sammensetning, dvs. redusert NaCl-innhold og delvis erstattet med KCl, har ikke noe særlig effekt på fargen på bitene. Det ble observert små forskjeller på farge mellom forsøksilden og sild fra Hopen sin produksjon.
- Lagringstid er en viktig parameter som påvirker farge på forskjellige måter. Sildebitene blir noe lysere og litt mer rød, mens gulheten avtar noe.
- Lyshet er den mest stabile fargeparameteren under pre-marinering.

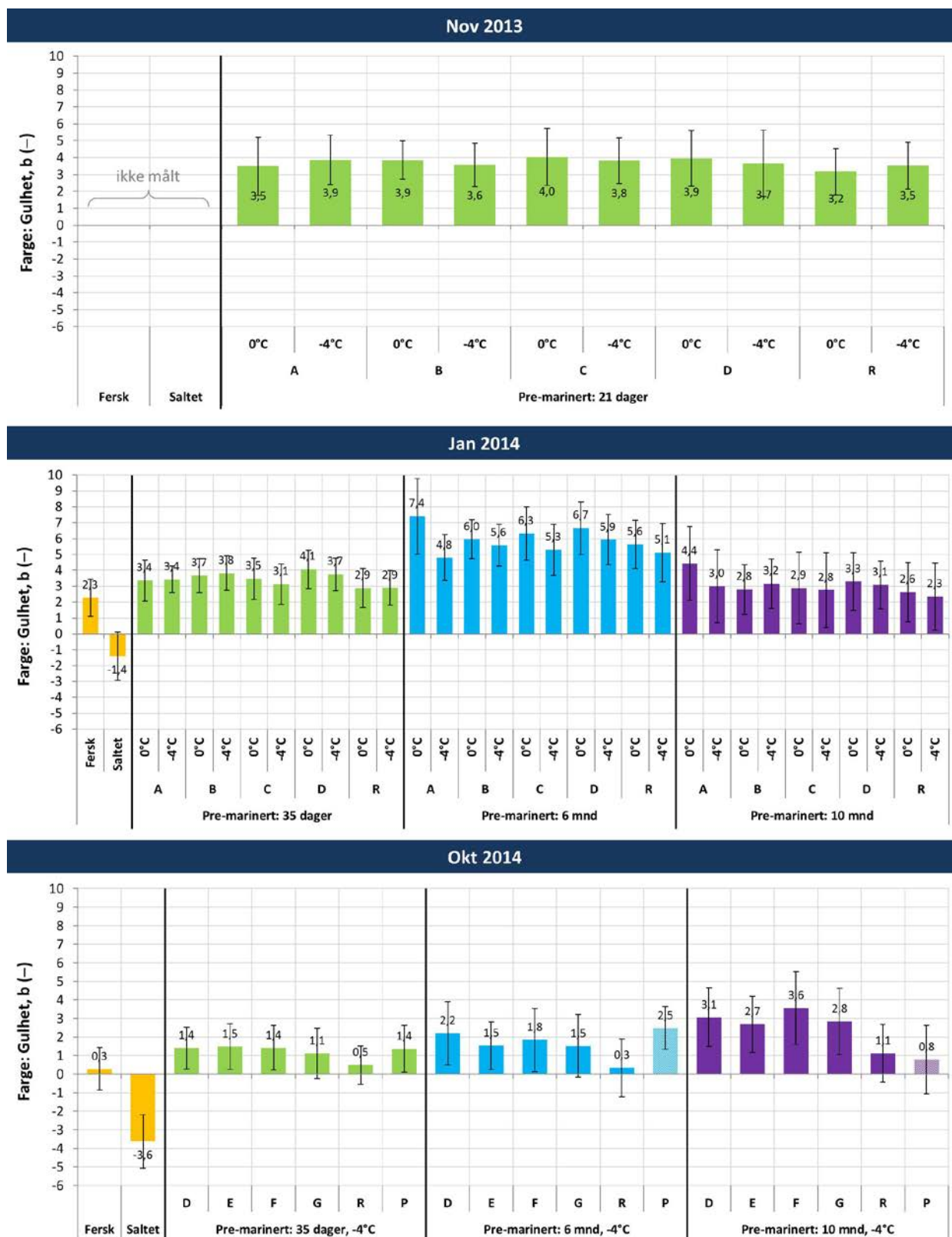
Det er imidlertid viktig å påpeke at forskjeller i fargen målt med en fargemåler vil ikke nødvendigvis si at dette kan sees med det blotte øyet. For forbrukerne vil forskjellene her muligens ikke oppdages.



Figur 17 Lyshet på sildebiter under marineringsprosessen fra ulike sesonger.



Figur 18 Rødhet på sildebiter under marineringsprosessen fra ulike sesonger.



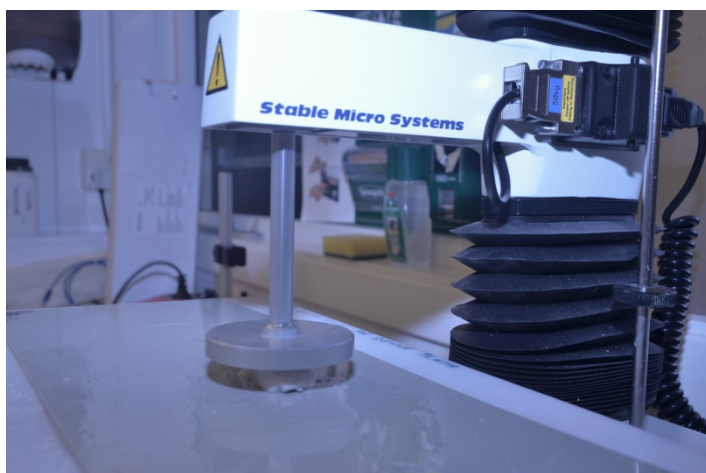
Figur 19 Gulhet på sildebiter under marineringsprosessen fra ulike sesonger.

5.9 Tekstur

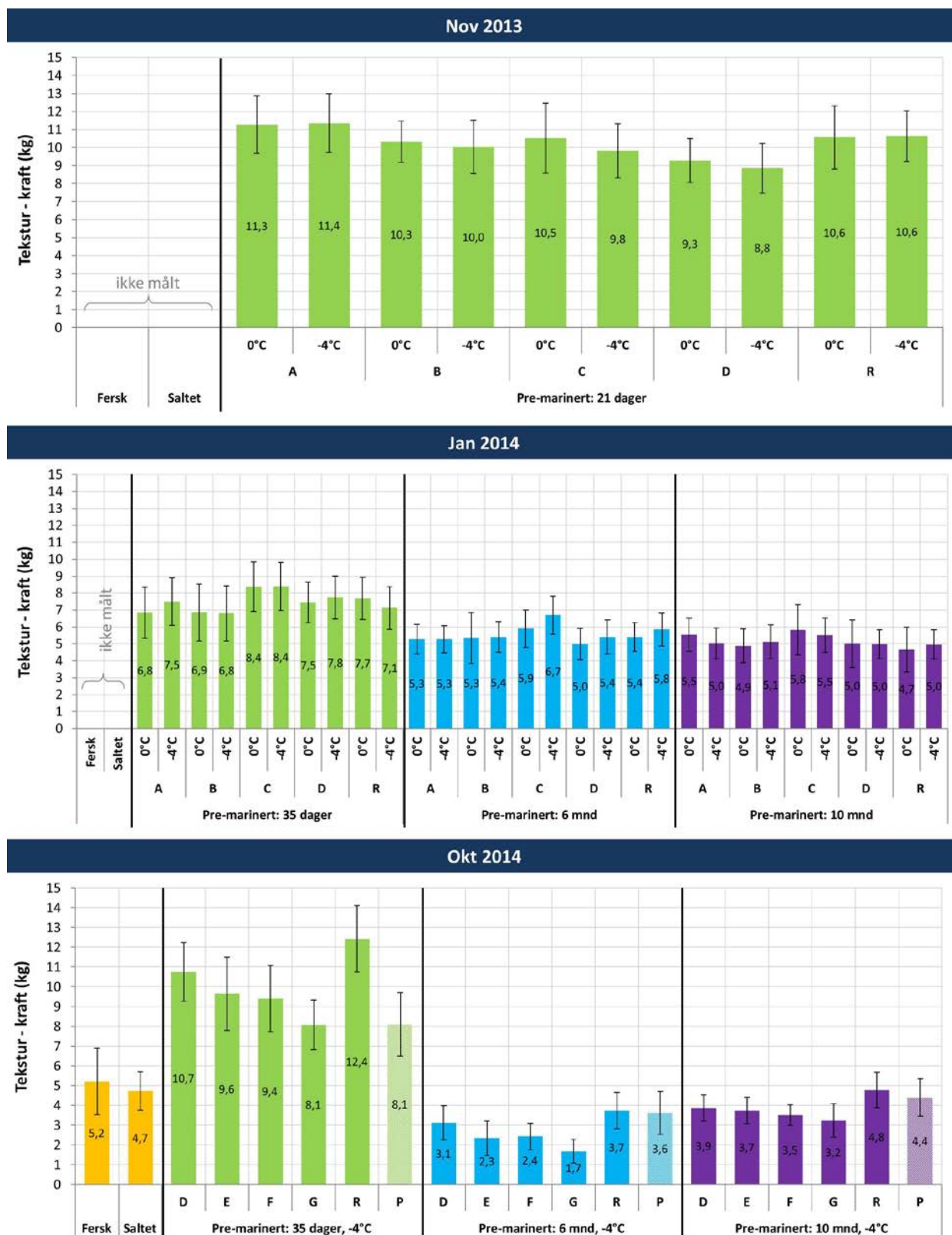
Tekstur ble målt med Texture Analyser XT2 (Stable Micro System Ltd., Germany) med tilkoblet trykkplate (se **Figur 20**). Kraften (kg) som må benyttes for å presse ned biten til 60% av sin høyde ble målt. Resultatene på råstoff fra alle de tre sesongene er oppsummerte i **Figur 21**.

Både forsøket i Nov 2013 og Jan 2014 viser tydelig at lagringstemperatur (-4°C vs 0°C) ikke påvirker teksturen. I Nov 2013 ble det observert at teksturen forandres med redusert saltinnhold i marinadene (A – D); dvs. lavere saltinnhold ga mykere biter (målt 21 dager av pre-marinering). Denne trenden ble ikke bekreftet i neste forsøk (råstoff fra Jan 2014), da det ikke var signifikante forskjeller mellom sild med ulik pre-marinade med ulikt saltinnhold. Derimot i forsøket med råstoff fra Okt 2014, hvor vi hadde redusert saltinnholdet ytterligere i marinade E, F og G, viste at redusert saltinnhold ga mykere biter sammenlignet med tradisjonelt produkt (marinade R og P).

Sildebitene ble mykere jo lengre de var lagret i marinadene både på råstoff fra Jan 2014 og Okt 2014, spesielt var dette gjeldende mellom 35 dager og 6 måneder.



Figur 20 Teksturmåling av sildebit

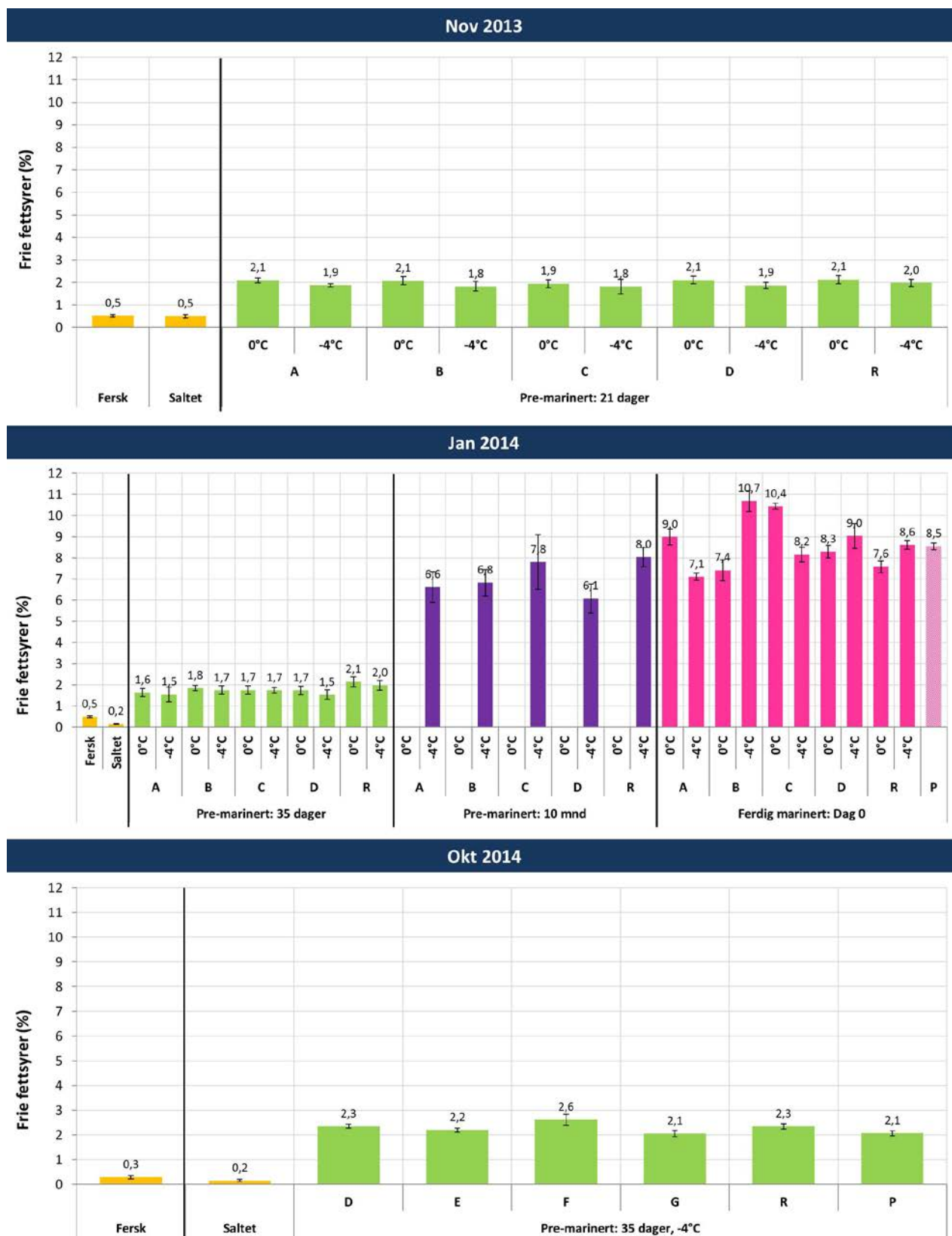


Figur 21 Teksturendringer i sildebiter under pre-marinering i de ulike sesongene.

5.10 Frie fettsyrer

Frie fettsyrer dannes fra enzymatisk spalting av lipider eller fra andre hydrolytiske reaksjoner av lipider. Frie fettsyrer virker giftige på cellene ved høye konsentrasjoner, derfor er konsentrasjoner veldig lave ($< 0.1\%$) i levende celler. Mengden av frie fettsyrer peker på aktivitet av lipolytiske enzymer, sammen med grad av hydrolytiske reaksjoner i systemet, feks. i lake/marinade.

Nivåer av frie fettsyrer i fett ekstrahert fra sildebitene er oppsummert i **Figur 22**. Ferske sildebiter og sildebiter fra forlaken hadde lave nivåer av frie fettsyrer (0.3 – 0.5%). Nivået økte til 1.5 – 2.6% etter den første måneden av pre-marinering (Nov 2013, Jan 2014, Okt 2014). Det ble ikke funnet sammenheng mellom frie fettsyrer, lagringstemperatur (Nov 2013 og Jan 2014) og ulike saltkonsentrasjoner i marinadene (Nov 2013, Jan 2014, Okt 2014). Nivået av de frie fettsyrene økte som følge av lagringstiden (Jan 2014) og etter 10 mnd lagring var nivået økt til 6.6. – 8.0%. De høyeste nivåene av frie fettsyrer ble målt i ferdig marinert sild (mellom 7.1 – 10.7%). Dette kan skyldes at produktet hadde blitt påført ny marinade i produksjonsprosessen med ferdig marinerings hvor lipolytiske reaksjoner kan økes.



Figur 22 Frie fettssyrer i sildebiter (ekstrahert fett) målt i ulike faser av marineringsprosessen.

5.11 Oppsummering av kjemiske og fysiske egenskaper

En rekke kjemiske og fysiske parametere i sildebiter (full oversikt i **Tabell 6**) ble undersøkt i forbindelse med sesongvariasjon av råstoffet, og reduksjon av NaCl og delvis erstatning av NaCl med KCl i marinader under pre-marinering av sildebiter (detaljert oversikt i **Figur 1**). Pre-marineringen ble utført på to lagringstemperaturer (-4°C vs 0°C) og tre lagringsperioder (1, 6 og 10 måneder). I tillegg, ferdigprodukt ble laget fra pre-marinerte sildebiter (Jan 2014/35 dager). **Tabell 9** oppsummerer hvilke parametere som forandrer seg avhengig av sesongvariasjon, saltreduksjon i pre-marinaden, lagringstemperatur, lagringstid og ferdigmarinering.

Tabell 9 Effekt av forsøksbetingelser på kjemiske og fysiske parametere i sild.

Parameter	Sesong	Lagrings-temperatur	Salt-reduksjon	Salt-erstatning	Lagrings-periode	Ferdig-marinering
Tørrstoff/Vann	×	—	—	—	—	×
Totalt fett	×	—	—	—	—	×
Aske	×	—	×	×	—	×
pH	—	—	—	—	—	—
Vekt av sildebiter	×	—	—	—	×	ikke undersøkt
Farge: Lyshet	×	—	—	—	×	ikke undersøkt
Farge: Gulhet	×	—	—	—	×	ikke undersøkt
Farge: Rødhet	×	—	—	—	×	ikke undersøkt
Salt konsentrasjon	ikke relevant	—	ikke relevant	ikke relevant	×	×
Tekstur	(×)	—	×	×	×	ikke undersøkt
Frie fettsyrer	—	—	—	—	×	×

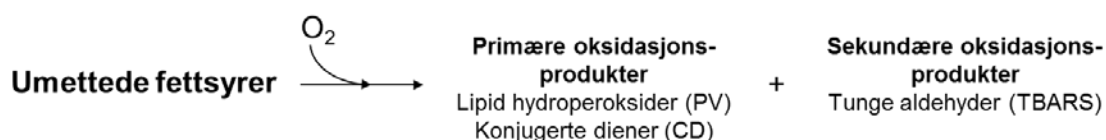
Oppsummert:

- Resultatene viser at sesongvariasjoner i råstoffet er en viktig faktor, og flere parametere varierer som følge av ulike sesonger.
- De to lagringstemperaturene under pre-marinering (-4°C vs 0°C) hadde ingen effekt på de målte parametere.
- Saltreduksjon i pre-marinader fra 12% til 58% og delvis erstatning av NaCl med KCl hadde ingen eller veldig liten effekt på de fleste parametere bortsett fra askeinnhold og tekstur. Resultatene viser at reduksjon i saltinnhold fører til mykere biter, og spesielt ble dette synlig når man brukte pre-marinader med kraftig reduksjon av saltinnhold (43 – 58% = marinade E, F, G).
- Lagringstid er en viktig parameter som påvirker de fleste parametere bortsett fra tørrstoff/vann, aske, totalt fett og pH. Sildebitene forandrer seg i farge, tekstur og nivå av frie fettsyrer og mister en del vekt jo lengre de ligger i pre-marinade. Selv om lagringstemperaturene er lave og salt-syre marinader er et bra konserveringsmiddel, vil de kjemiske reaksjonene fremdeles foregå. Bitene hadde muligens best konsistens og utseende etter 1 måneds lagring i pre-marinaden. Etter 10 måneder kunne man se forandringer i konsistens (bløtere biter) og farge (mer gule biter).
- Resultatene viser at man kan oppnå lavere saltinnhold i ferdigproduktet når man senker saltinnholdet i pre-marinaden. Ferdig marinaden kan bestå av ulike tilsetninger. Vi valgte å gå for

en løksild-variant. Her vil det være viktig å gjennomføre en sensorisk vurdering for å finne hvilke nivåer av salt forbrukeren aksepterer.

5.12 Lipid oksidasjonsprodukter

Når fettsyrer i lipider harskner (oksidere) reagerer de med oksygen (O₂) som finnes i miljøet – enten i luft eller oppløst i vann. Reaksjonen danner **primære oksidasjonsprodukter – lipid hydroperoksider**. Når en hydroperoksid gruppe (L-OOH) dannes på en fettsyre, vil dobbelbindingene (-C=C-C-C=C-) på fettsyremolekylet flytte på seg til et konjugert system (-C=C-C=C-) og disse formasjonene kalles **konjugerte diener**. Lipid hydroperoksider spaltes vanligvis videre til **sekundære oksidasjonsprodukter** – en kompleks blanding av forskjellige **aldehyder, ketoner, alkoholer, organiske syrer og andre små molekyler**. Det er hovedsakelig sekundære lipid oksidasjonsprodukter som mennesker oppfatter som harskning knyttet til dårlig lukt og smak.



Både nivået av lipid hydroperoksider og konjugerte diener kan måles som peroksid verdi (peroxide value = **PV**) og konjugerte diener verdi (conjugated dienes = **CD**). På grunn av kompleksitet av sekundære oksidasjonsprodukter er det umulig å måle alle sekundære produkter med en metode. I dette prosjektet var derfor fokus bare på de aldehydene som reagerer med tiobarbitursyre (thiobarbituric acid reactive substances = **TBARS**) – som regel er disse aldehydene "kjerne" aldehyder og mindre flyktige aldehyder, dvs. tunge aldehyder.

Grunnet begrenset ressurser i prosjektet var det ikke mulig å gjennomføre analyser av PV, CD, TBARS og frie fettsyrer på alle prøver, fordi disse analysene krever mange arbeidstimer. Disse analysene ble derfor gjennomført på utvalgte prøver – full oversikt over de utførte analysene er gitt i **Tabell 6**.

For forsøket fra Nov 2013 ble det benyttet hvite bøtter, som viste seg ikke å være 100% tette for oksygen. Da disse bøttene ble åpnet 21 dager etter pre-marinering viste det seg at sildebitene luktet harske, og det ble derfor bestemt å avslutte forsøket. Flere tiltak ble gjort før neste forsøk:

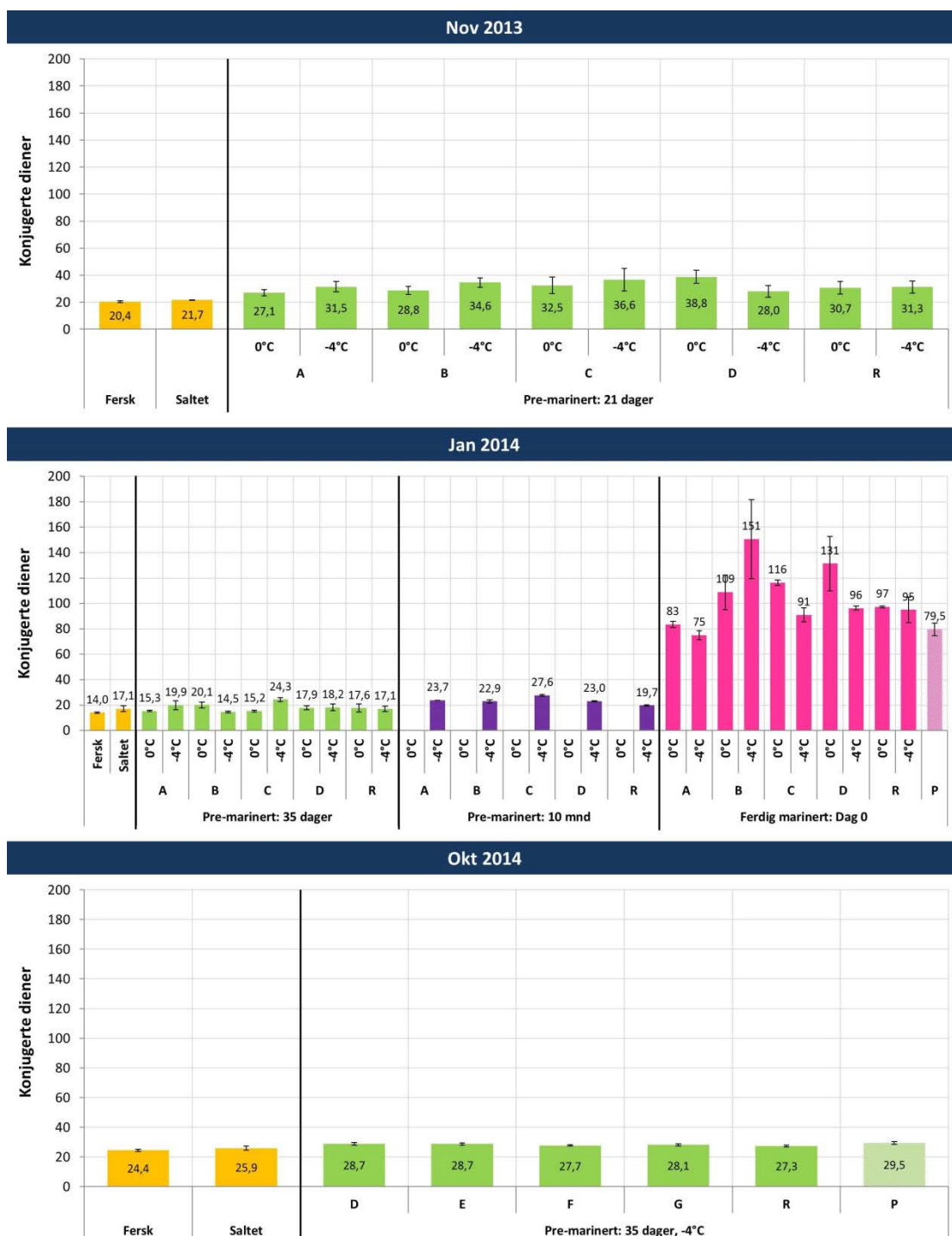
- i) Marinade ble fylt opp til kanten på tønnene og det ble sørget for at det ikke var tilgang på luft.
- ii) Blå tønner, lik de som benyttes i tradisjonell produksjon av pre-marinert sildeprodukter, ble benyttet.

5.12.1 Konjugierte diener

Konjugerte diener (CD) verdier i sild (ekstrahert fett) er vist i **Figur 23**. I ferske sildebiter ble det målt forskjellige CD-verdier mellom råstoff fra ulike sesonger, hvor råstoffet fra Nov 2013 (20.4 ± 0.6) og Okt 2014 (24.9 ± 0.9) hadde signifikant høyere CD-verdier enn sild fra Jan 2014 (14.0 ± 0.4). Dette skyldes sannsynligvis høyere fettinnhold i høstsild fileter (**Tabell 7**) sammenlignet med vår/vintersild, og økt tendens til oksidasjon på grunn av dette.

Kun en liten økning i CD ble målt etter den første måneden av pre-marineringen i alle de tre forsøksseriene. Økningen i denne perioden var høyest for råstoff fra Nov 2013. Dette skyldes sannsynligvis at silda hadde ligget i bøtter med noe tilgang på luft, mens dette var ikke tilfellet for råstoff fra Jan 2013 og Okt 2014. Det

ble ikke funnet noen sammenheng mellom saltkonsentrasjon og lagringstemperatur på innhold av CD. Det ble funnet et noe økt innhold av CD etter 10 måneders lagring på råstoff fra Jan 2014, men generelt var CD innholdet lavt gjennom hele lagringsforløpet. Derimot ble det funnet høye CD-verdier (CD = 75 – 151) på ferdig marinerte sildeprodukter, noe som kan skyldes at produktet hadde blitt påført oksygen i produksjonsprosessen fra pre-marinering til ferdig marinering.

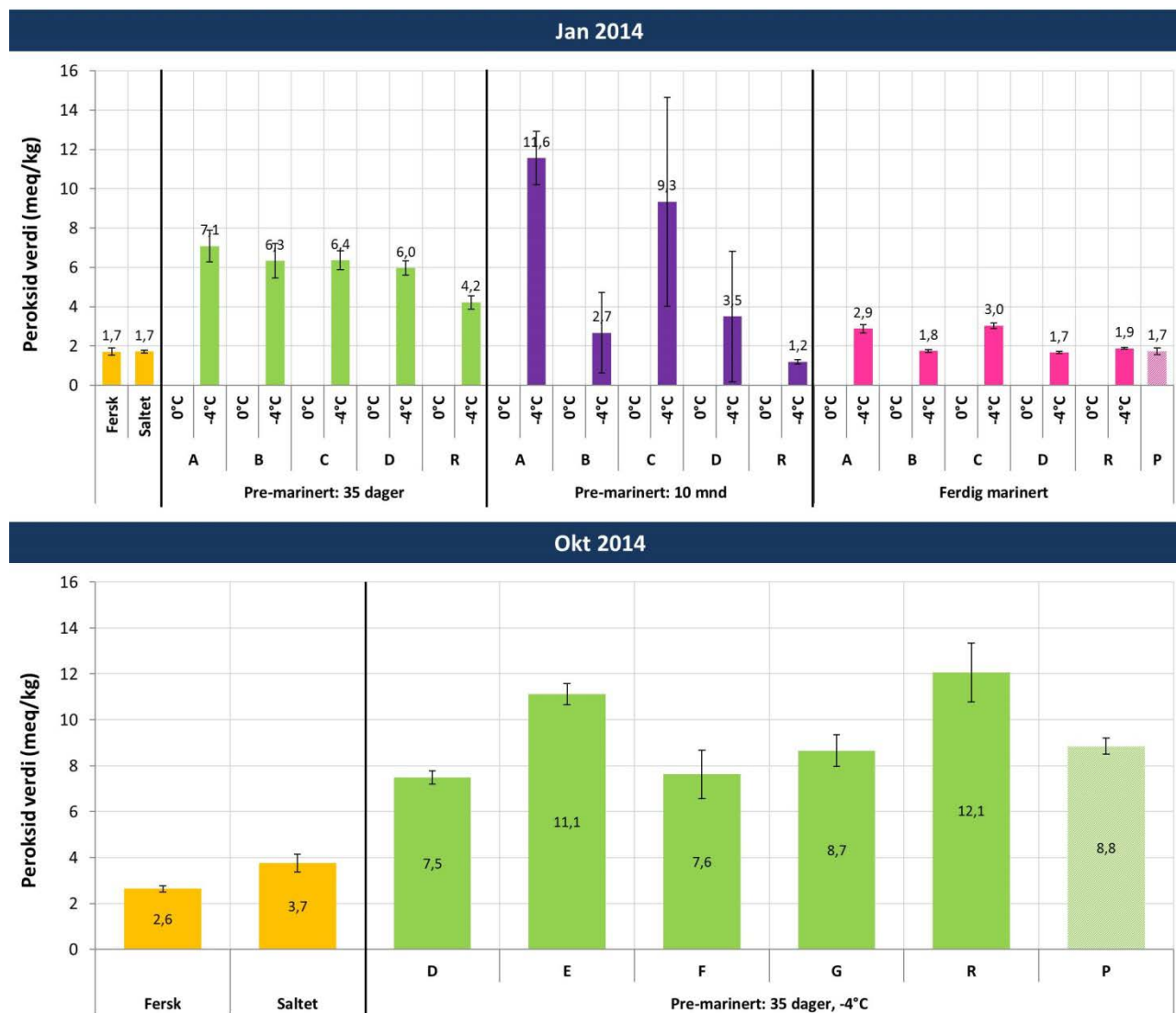


Figur 23 Konjugerte diener (CD) verdier i sildebiter (ekstrahert fett) målt i ulike faser av marineringsprosessen

5.12.2 Peroksid verdi

Peroksidverdier (PV) i sild (ekstrahert fett) er vist i **Figur 24** – kun prøver fra Jan 2014 og Okt 2014 lagret på -4°C ble analysert. Ferske biter fra høstsild (Okt 2014 = 2.6 ± 0.1 meq/kg) hadde høyere verdier av PV enn ferske biter fra vårsild (Jan 2014 = 1.7 ± 0.2 meq/kg). Dette resultatet stemmer med målinger av CD og forskjellen skyldes sannsynligvis forskjellige fettinnhold i råstoffet fra de to sesongene.

Det ble funnet forskjeller mellom fersk sild og sild som hadde vært gjennom forlakeprosessen for råstoff fra Okt 2014, dette ble ikke funnet for på samme råstoff fra Jan 2014. Videre ble det funnet en økning av PV etter 35 dagers lagring i pre-marinaden for råstoff fra begge sesongene (Jan 2014 = $4.2 - 7.1$ meq/kg; Okt 2014 = $7.5 - 12.1$ meq/kg). Ingen korrelasjon mellom PV verdier og saltkonsentrasjoner i pre-marinader ble funnet. Videre ble PV målt kun på råstoff fra Jan 2014 etter 10 mnd lagring, men verdiene er veldig usikre pga store standard avvik i hele dataserien. Vi kan derfor ikke konkludere noe mht effekt av lagringstid på og PV utfra disse resultater. Betydelig lavere PV ble målt i ferdig produktet. Dataene indikerer at lipid hydroperoksider dannet under pre-marinerings er spaltet eller eliminert fra produktet ved avsiling og videre bearbeiding av sildebitene.

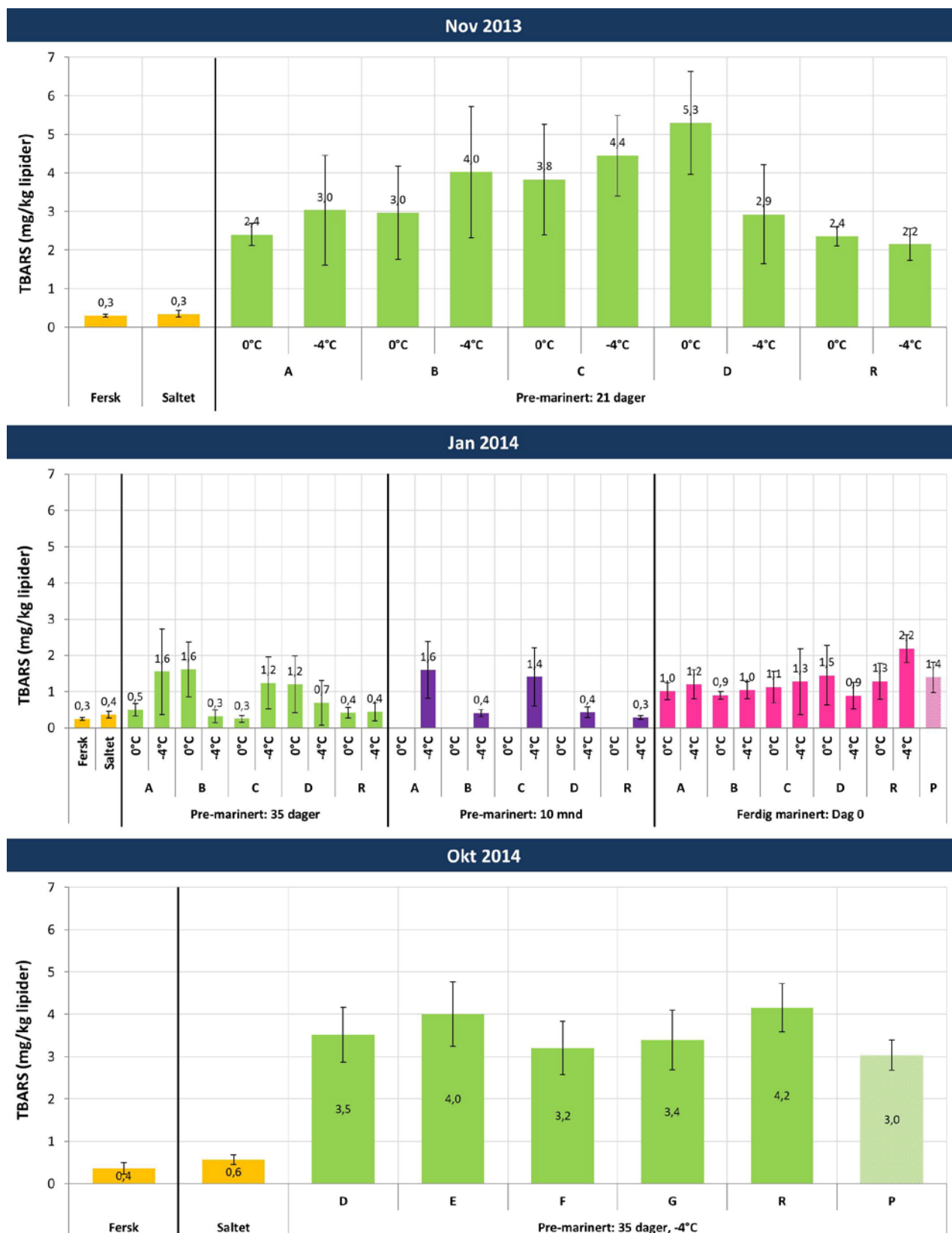


Figur 24 Peroksid verdier (PV) i sildebiter (ekstrahert fett) målt i ulike faser av marineringsprosessen

5.12.3 TBARS

TBARS verdier i sild (ekstrahert olje) er vist i **Figur 25**. Ferske og forsaltete sildebiter hadde veldig lave nivå av TBARS (0.3 – 0.4 mg/kg) i råstoff fra alle de tre sesongene. Dette var forventet fordi harskning (nedbryting av peroksider) ikke skjer i stor grad i ferske råvarer. TBARS verdiene økte etter ca 1 måneds lagring i pre-marinadene, hvorav det ble målt noe høyere verdier i høy-fett sild (Nov 2013 og Okt 2014, TBARS = 2.2 – 5.3 mg/kg), enn i lav-fett sild (Jan 2014, TBARS = 0.3 – 1.6 mg/kg). Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom mengde salt i marinadene, lagringstemperatur og TBARS verdier. Det ble heller ikke funnet noe økning i TBARS verdiene i råstoff lagret i 10 mnd sammenlignet med de som var lagret i ca 1 måned for råstoff fra Jan 2014. En liten økning i TBARS ble målt i ferdig produktet, men økningen var ikke betydelig.

TBARS verdiene som reflekterer sekundære oksidasjonsprodukter var generelt sett lave i alle de tre forsøkene. Dette indikerer lav oksidasjon av lipider i sild gjennom hele marineringsprosessen.



Figur 25 TBARS verdier i sildebiter (ekstrahert fett) målt i ulike faser av marineringsprosessen

5.12.4 Oksidasjon: Oppsummering

Bestemmelser av oksidasjonsstatus (CD, PV, TBARS) i lipider ekstrahert fra sildebiter kan oppsummeres som følger:

- Fettinnholdet påvirker oksidasjonen i produktet. Høstsild (høy-fett sild) hadde noe høyere oksidasjon enn vårsild (lav-fett sild). Resultatene viser at sesongvariasjoner/variasjoner i fettinnhold har større betydning for oksidasjonen enn feks luftlommer i bøttene (ref råstoff fra Nov 2013).
- Lagringstemperatur (-4°C vs 0°C) hadde ingen betydning for oksidasjonen på pre-marinerte sildebiter etter lagring i 1 måned.
- Ulike saltkonsentrasjoner i pre-marinadene og delvis erstatning av NaCl med KCl hadde ingen betydelig effekt på oksidasjonsstatus.
- Generelt sett var verdier av både CD, PV og TBARS lave i alle de tre forsøkene.
- Ferdig marinert sild skilte seg litt fra pre-marinerte biter, og spesielt CD økte kraftig. Derimot, viste TBARS små endringer og PV gikk ned. Det er viktig å huske at nedgang i PV skjer grunnet spalting av peroksider. Det er derfor klart at ferdig marinering forandrer oksidasjonsstatus i sildebitene, men ikke nødvendigvis til det verre og innenfor akseptable grenser.

5.13 Mikrobiell vekst

Mikrobiell vekst i de pre-marinerte sildebitene ble analysert hos Analysesenteret i Trondheim innen 24 timer etter prøveuttaket. Resultatene er vist i **Tabell 10**. Resultatene viser meget lave verdier av kimtall i alle prøvene som ble analysert, også de som var lagret i 10 mnd.

Resultatene tyder på at reduksjon av salt i marinadene ikke reduserer den mikrobiologiske kvaliteten på produktet.

Tabell 10 Mikrobiell vekst i pre-marinerte sildebiter (Kim-tall)

Pre-marinerte sildebiter	Resultat
Nov 2013: -4°C, 21 dager	Kimtall lavere enn 100 i alle marinader
0°C, 21 dager	Kimtall lavere enn 100 i alle marinader
Jan 2014: -4°C, 10 mnd	Kimtall lik eller lavere enn 400 i alle marinader
0°C, 10 mnd	Kimtall lik eller lavere enn 100 i alle marinader.
Okt 2014: -4°C, 10 mnd	Kimtall lik eller lavere enn 10 i alle marinader
	Kimtall i Hopen sin tønne (P) = 20.

5.14 Sensorisk evaluering av ferdigprodukt

Sensorisk evaluering ble gjort på ferdig produkt (Løksild) laget hos ABBA Seafood fra pre-marinerte biter fra ulike pre-marinader (A, B, C, D, R) som hadde vært lagret i 35 dager fra råstoff fra Jan 2014. SINTEF utførte en enkel sensorisk test på alle prøver. Evalueringen ble gjort på fersk nylaget løksild, samt løksild som hadde vært lagret ved kjøletemperatur (ca 4°C) etter 7, 11 og 22 dager. Dette ble gjort for å vurdere en evt restholdbarhet på produktet etter at glasset var åpnet.

Den sensoriske evalueringen (egenskaper som ble vurdert; farge, lukt, smak, og tekstur) ble gjennomført av seks utrente dommere (2 voksne menn, 4 voksne kvinner) ansatt hos SINTEF. Grunnen til å invitere utrente dommere til den sensoriske evalueringen var å benytte "vanlige" mennesker. Ulike sensoriske egenskaper

ble sammenlignet med det kommersielle produktet (ABBA sild). Egenskapene som ble vurdert er listet i **Tabell 11**.

Tabell 11 Spørreskjema for sensorisk test av ferdige sildeprodukter.

Egenskaper	Skala
Farge – hvithet	1 = grå, 5 = hvit
Farge vs Ref	1 = ulik, 5 = lik
Lukt – harsk	1 = harsk, 5 = fersk
Lukt vs Ref	1 = ulik, 5 = lik
Smak – harsk	1 = harsk, 5 = fersk
Smak – salt	1 = salt, 5 = ingen salt smak
Smak – bitter/metall	1 = metall/bitter, 5 = ingen metall/bitter smak
Smak vs Ref	1 = ulik, 5 = lik
Tekstur – saftighet	1 = tørr/ingen saftighet, 5 = saftig
Tekstur – hardhet	1 = ingen intensitet/myk, 5 = tydelig fasthet/hard
Tekstur – bein struktur	1 = harde bein, 5 = myke bein
Tekstur vs Ref	1 = ulik, 5 = lik
Utseende, lukt, smak og tekstur generelt vs Ref	1 = ulik, 5 = lik

Resultatene fra den sensoriske evalueringen utført på Dag 0 og etter 7, 11 og 21 dagers lagring er vist i **Figur 26**. Oppsummert viser resultatene på fersk sild (dag 0) følgende:

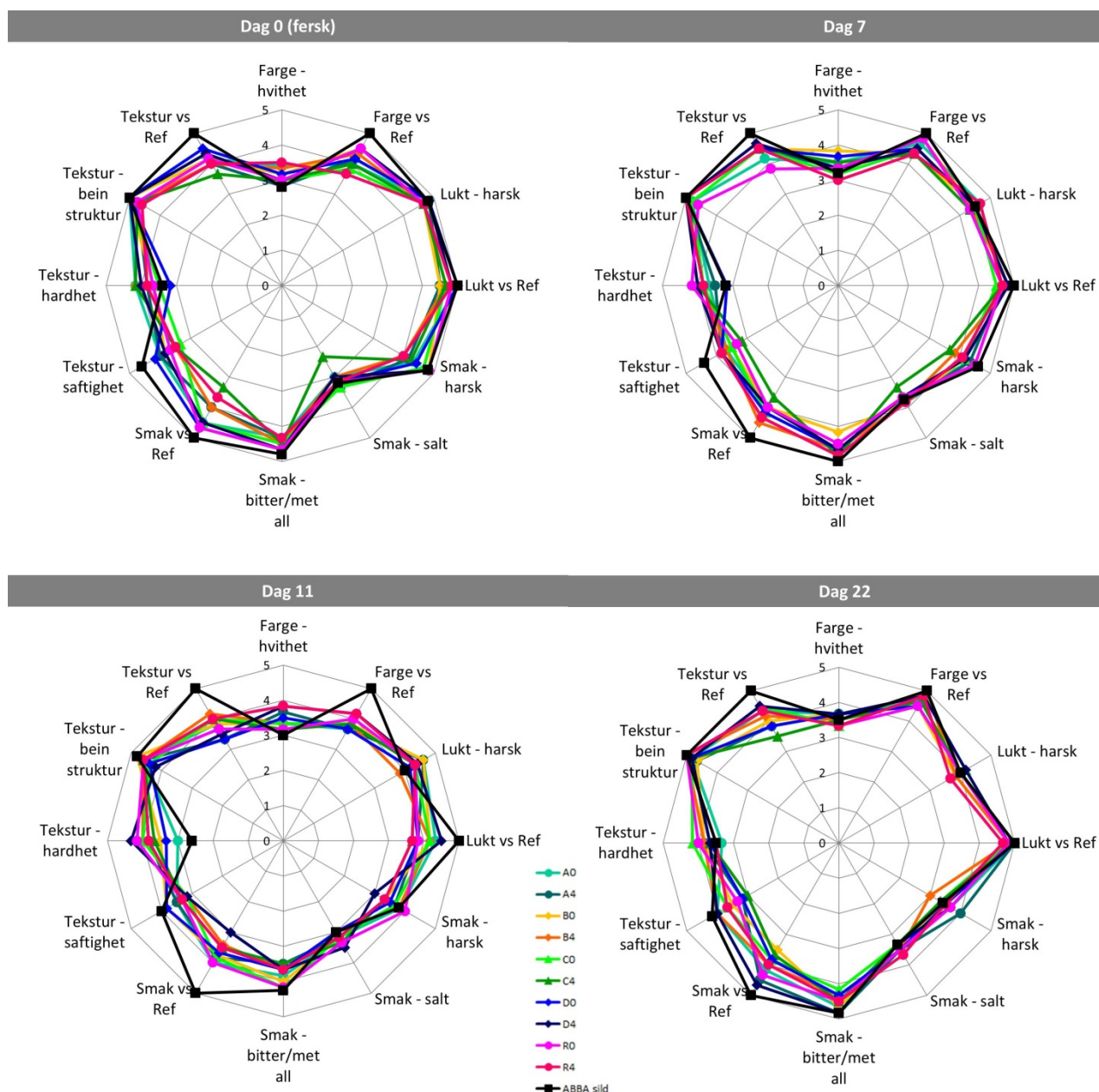
- **Farge:** Dommerne evaluerte prøvesilda som like hvit (A4, C0, C4, R0, D4) eller noe hvitere enn ABBA sild. Det var imidlertid veldig små forskjeller mellom de ulike prøvene
- **Lukt:** Silda ble oppfattet som fersk og fin, og ingen harsk lukt ble avdekket, verken på prøvesilda eller ABBA sin løksild.
- **Smak:** Det ble ikke funnet harsk smak verken på prøvesilda eller ABBA silda. Prøvesild med resept C og lagret ved 0°C ble oppfattet som saltere enn de andre prøvene. Bitterhet/metallisk smak ble oppfattet som ganske likt for ABBA sild og for de fleste prøvesild, men A0, A4 og R4 var noe forskjellige fra ABBA sild. Generelt var smaken på prøvesild evaluert noe forskjellig fra ABBA sild med denne rekkefølgen (mest likt til minst likt): D0 = R0 > A0 = B0 = C0 = D4 > A4 = B4 < R4 < C4.
- **Tekstur:** Når det gjelder saftighet ble prøvesilda oppfattet som noe mindre saftig enn ABBA silda, og prøvesilda ble oppfattet som hardere enn ABBA sild. Tekstur ble generelt evaluert som forskjellig fra ABBA sild for alle prøvesild hvor A0, A4, B0, B4, C4 og R4 fikk laveste score.

Sensorisk evaluering ble gjort også etter lagring i 7, 11 og 22 dager. Her er de viktigste konklusjonene:

- **Farge:** Ved dag 0, 7 og 11 var ABBA sild jevnt over gråere enn prøvesilda. Ved dag 22 var det nesten ingen forskjeller.
- **Lukt:** Ved dag 11 kan det synes som om ABBA silda luktet mindre harsk enn prøvesilda. Disse forskjellene var derimot ikke til stede ved de andre dagene.
- **Smak:** Det var noe forskjeller i smak mellom de ulike marinadene. Ved dag 0 kan det sees ut som sild fra marinade C hadde en sterkere saltsmak.
- **Tekstur:** Resultatene indikerer at ABBA sild hadde en noe bløtere og saftigere tekstur enn prøvesilda, spesielt var dette merkbart ved dag 0, 7 og 11.

Prøvesilda ble oppfattet som forskjellig fra ABBA sild på Dag 11 på nesten de alle sensoriske parameterne. Når de gjelder harsk lukt og smak ble prøvene evaluerte som noe harskere på dag 7, 11 og 22 enn ferske biter (Dag 0) som indikerer at smaken forandres under lagring i kjøleskapet etter at produktet ble åpnet.

Uti fra disse resultatene kan man konkludere at prøvesilda var noe forskjellig fra ABBA silda, og spesielt ble ABBA silda oppfattet som mer saftig enn prøvesilda. Det bør imidlertid presiseres at de sensoriske testene ble gjort av et lite utvalg av dommere, og det anbefales å gjøre en større sensorisk studie før man kan konkludere noe mht de sensoriske egenskapene til sild med lavere saltinnhold sammenlignet med tradisjonelt produkt.



Figur 26 Sensorisk test ($n = 6$) på ferdig marinert produkt (Løksild) laget fra pre-marinerte biter som ligget i marinader i 35 dager i Jan 2014

5.15 Økonomisk kalkyle av marineringsprosessen

Som en del av prosjekt skulle det gjennomføres en enkel økonomisk kalkyle av marineringsprosessen for sildebiter. Det er tatt utgangspunkt i dagens prosess og undersøkt hvordan innføring av resept D påvirker denne. Gjennom forsøkene som er gjennomført er det vist at reseptene ikke påvirker utbytte slik at der er kun pris forskjellen på NaCl og KCl og blandingsforholdene som vil endre produksjonskostnadene. Ut fra innhenting av listepriser (vwr.no) er KCl 7,5 ganger dyrere enn NaCl. I **Tabell 12** er det vist hvordan det påvirker saltkostnadene i forhold til dagens prosess. Som tabellen viser vil resept D medføre høyere produksjonskostnad.

Tabell 12 Kostnader i forhold til produksjonskost

Koststed	Dagens	Resept D
Råstoff	85,15 %	85,14 %
Saltkost	1,82 %	4,76 %

5.16 Oppsummering og hovedkonklusjoner

Kjemiske og fysiske egenskaper:

- Resultatene viser at sesongvariasjoner i råstoffet er en viktig faktor, og flere parametere varierer som følge av ulike sesonger.
- De to lagringstemperaturene under pre-marinerings (-4°C vs 0°C) hadde ingen effekt på de målte parametrene.
- Saltreduksjon i pre-marinader fra 12% til 58% og delvis erstatning av NaCl med KCl hadde ingen eller veldig liten effekt på de fleste parametere bortsett fra askeinnhold og tekstur. Resultatene viser at reduksjon i saltinnhold fører til mykere biter, og spesielt ble dette synlig når man brukte pre-marinader med kraftig reduksjon av saltinnhold (43 – 58% = marinade E, F, G).
- Lagringstid er en viktig parameter som påvirker de fleste parametere bortsett fra tørrstoff/vann, aske, totalt fett og pH. Sildebitene forandrer seg i farge, tekstur og nivå av frie fettsyrer og mister en del vekt jo lengre de ligger i pre-marinade. Selv om lagringstemperaturene er lave og salt-syre marinader er et bra konserveringsmiddel, vil de kjemiske reaksjonene fremdeles foregå. Bitene hadde muligens best konsistens og utseende etter 1 måneds lagring i pre-marinaden. Etter 10 måneder kunne man se forandringer i konsistens (bløtere biter) og farge (mer gule biter).
- Resultatene viser at man kan oppnå lavere saltinnhold i ferdigproduktet når man senker saltinnholdet i pre-marinaden. Ferdig marinaden kan bestå av ulike tilsetninger. Vi valgte å gå for en løksild-variant. Her vil det være viktig å gjennomføre en sensorisk vurdering for å finne hvilke nivåer av salt forbrukeren aksepterer.

Oksidasjon:

- Fettinnholdet påvirker oksidasjonen i produktet. Høstsild (høy-fett sild) hadde noe høyere oksidasjon enn vårsild (lav-fett sild). Resultatene viser at sesongvariasjoner/variasjoner i fettinnhold har større betydning for oksidasjonen enn feks luftlommer i bøttene (ref råstoff fra Nov 2013).
- Lagringstemperatur (-4°C vs 0°C) hadde ingen betydning for oksidasjonen på pre-marinerende sildebiter etter lagring i 1 måned.
- Ulike saltkonsentrasjoner i pre-marinadene og delvis erstatning av NaCl med KCl hadde ingen betydelig effekt på oksidasjonsstatus.
- Generelt sett var verdier av både CD, PV og TBARS lave i alle de tre forsøkene.
- Ferdig marinert sild skilte seg litt fra pre-marinerende biter, og spesielt CD økte kraftig. Derimot, viste TBARS små endringer og PV gikk ned. Det er viktig å huske at nedgang i PV skjer grunnet spalting av

peroksider. Det er derfor klart at ferdig marinering forandrer oksidasjonsstatus i sildebitene, men ikke nødvendigvis til det verre og innenfor akseptable grenser.

Mikrobiologi og sensorisk evaluering:

- Resultatene tyder på at reduksjon av salt i marinadene ikke reduserer den mikrobiologiske kvaliteten på produktet.
- *Farge:* Ved dag 0, 7 og 11 var ABBA silda jevnt over gråere enn prøvesilda. Ved dag 22 var det nesten ingen forskjeller
- *Lukt:* Ved dag 11 kan det synes som om ABBA silda luktet mindre harsk enn prøvesilda. Disse forskjellene var derimot ikke til stede ved de andre uttakene.
- *Smak:* Det var noe forskjeller i smak mellom de ulike marinadene. Ved dag 0 kan det sees ut som sild fra marinade C hadde en sterkere saltsmak.
- *Tekstur:* Resultatene indikerer at ABBA silda hadde en noe bløtere og saftigere tekstur enn prøvesilda, spesielt var dette merkbart ved dag 0, 7 og 11.

Anisakis og salttoleranse:

- Anisakislarver overlever en viss tid ved ulike saltkonsentrasjoner. LD50 – 50 % av larvene overlever i minst 14 dager i marinade med enten 6,2 % NaCl og 2,1 % KCl (1,1 M NaCl/0,3 M KCl) eller 6,2 % NaCl (1,1 M NaCl) og ved vanlig lagringstemperatur (2-4°C).
- Kaliumklorid (KCl) har større effekt på overlevelse/dødelighet av anisakislarver enn natriumklorid (NaCl).
- Det ble funnet høyere overlevelse i marinerte sandwich enn i petriskålforsøket ved omtrent samme saltkonsentrasjon og temperatur. Dette kan ha med eksponeringsgraden, der anisakislarvene i filetene kan oppnå en viss beskyttelse ved å bore seg inn i fileten og slik unngå direkte kontakt med saltløsningene. Dette gjelder spesielt i starten av forsøket, før de ulike saltene er trukket inn i filetene. Til sammenligningen er der ingen slik beskyttelse i en ren saltløsning, da blir larvene eksponert for saltene direkte ved oppstart av forsøket.
- Temperatur er viktig for overlevelse av anisakislarver, og størst effekt av temperatur på overlevelse/dødelighet ble funnet ved de lave saltkonsentrasjonene.

Prosjektet viser at det er mulig å produsere marinert sild med lavere NaCl nivå, som har god kvalitet, samt ivaretar krav til mattrygghet. Marinade med 25% totalt saltreduksjon hvor NaCl er redusert med 43% og erstattet med 18% KCl viste de beste resultatene og kan anbefales dersom det er ønskelig å redusere saltinnholdet i marinert sildeprodukter. KCl er derimot 7,5 ganger dyrere enn NaCl, så velger man resept D vil dette medføre en noe høyere produksjonskostnad.

6 Leveranser

Leveranser, inkl. datoer, som ble planlagt i utgangspunktet og senere endringer i leveransene er oppsummert i **Tabell 13**. Endringene ble avgjort i enighet med styringsgruppa, og ble tilpasset avvik og forsinkelser i prosjektets aktiviteter.

Tabell 13 Leveranser i prosjektet

Dato	Leveranse: SINTEF	Kommentarer/endringer
28.02.2013	Arbeidsnotat med detaljert forsøksplan	Leverert
01.04.2013	Referat fra 1. styringsgruppe møte	Leverert
15.12.2013	Faktaark	Strykkes
31.12.2013	Nyhetssak på FHF's nettside	Strykkes
31.12.2013	Prosjektnotat #1: Resultater fra uttak Nov 2013 per dato	Utsatt: 28.02.2014 – Leverert
31.12.2013	Referat fra 2. styringsgruppe møte	Utsatt: 15.02.2014 – Leverert
31.12.2013	Presentasjon på pelagisk samling	Strykkes
30.06.2014	Nyhetssak på FHF's nettside	Strykkes
30.06.2014	Prosjektnotat #2: Resultater fra uttak Jan 2014 per dato	Leverert
30.06.2014	Referat fra 3. styringsgruppe møte	Leverert
15.12.2014	Nyhetssak på FHF's nettside	Strykkes
15.12.2014	Populær vitenskapelig artikkel	Strykkes
31.12.2014	Prosjektnotat #3: Resultater fra uttak Jan 2014 + Okt 2014	Leverert
31.12.2014	Referat fra 4. styringsgruppe møte	Utsatt: 30.11.2015 – Leverert
31.12.2014	Faktaark	Utsatt: 30.11.2015 – Leverert
31.12.2014	Sluttrapport	Utsatt: 30.11.2015 – Leverert
Leveranse (tilleggsbeskrivelse): NIFES		
01.05.2015	Prosjektnotat (power point): Resultater per dato	Leverert
30.11.2015	Faktaark	Leverert

I tillegg er det i prosjektet gjort flere tilleggsstudier i samarbeid med bl.a. studenter fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Trondheim, samt to sommerstudenter. Disse leveransene er oppsummert i **Tabell 14**. Rapporter fra dette arbeidet som er merket som ÅPEN, er saltkonsentrasjoner i marinadene kun oppgitt som relative verdier (eksempel: reduksjon av salt i marinade B ble 25% i forhold til dagens marinade/referanse). Dette ble gjort for ikke å offentliggjøre saltkonsentrasjonene i marinadene.

Tabell 14 Studier knyttet til prosjektet

Forfattere	Tittel	Info
William Topper Breien	Hurtig innsalting av sildefilet	SINTEF Rapport A24694 – Åpen Sommerprosjekt 2013
Guro Møen Tveit	Marinert sild med mindre salt	SINTEF Rapport F27001 – Fortrolig; Sommerprosjekt 2013
Katrine Horne Iversen	Oxidative and hydrolytic changes in lipids of pelagic fish during different processing steps	Masteroppgave – Åpen Mai 2014
Kristine Taraldsvik	Reduction of salt during marinating of herring and the effect on stability of lipids	Masteroppgave – Åpen Juni 2015
Tom Ståle Nordtvedt Per Egil Gullsvåg	Frysepunktsmålinger for lakeblandinger	SINTEF Notat 16Y064 – Intern 16. september 2013

Angående publisering og formidling av prosjektets resultater, er det planlagt fire vitenskapelige artikler, som skal publiseres i relevante internasjonale peer-reviewed journaler. De foreløpige titlene på publikasjonene er gitt i **Tabell 15**. Delresultater er blitt presentert på tre internasjonale konferanser i 2014 og 2015 (detaljer i **Tabell 15**). Også her ble saltkonsentrasjonene i marinadene oppgitt som relative verdier.

Tabell 15 Publisering og formidling av prosjektets resultater

Planlagte vitenskapelige artikler i internasjonale peer-reviewed journaler		
	Foreløpig tittel	Ansvarlig
Paper #1	Quality of herring during marination in brines with reduced salt – Part I: 12 – 25% total salt reduction	SINTEF
Paper #2	Quality of herring during marination in brines with reduced salt – Part II: 25 – 58% total salt reduction	SINTEF
Paper #3	Stability of marine lipids during marination of herring: Effect of season, marination period and salt concentration in the brine	SINTEF
Paper #4	Survival of Anisakis nematodes in acid-salt brines	NIFES
Formidling		
Presentasjon	Digre, H.; Mozuraityte, R.; Aursand, I.G.; Greiff, K.; Hyldig, G.; Nielsen, H.H. Reduction of salt in marinated herring (<i>Clupea harengus</i> L.) products 1 st International PLEASURE Conference, 18-19 June 2014, La Rochelle, France	
Presentasjon	Mozuraityte, R.; Digre, H.; Aursand, I.G.; Greiff, K.; Rustad, T.; Hyldig, G.; Nielsen, H.H.; Undeland, I. Reduction of salt in marinated herring (<i>Clupea harengus</i> L.) products 44 th WEFTA meeting 2014, 9-11 June 2014, Bilbao, Spain	
Poster	Mozuraityte, R.; Kristinova, V.; Greiff, K.; Rustad, T.; Undeland, I.; Digre, H. Stability of marine lipids during marinating of herring: Effect of headspace, time and salt concentration in the marinade 28 th Nordic Lipidforum Symposium, 3-6 June 2015, Reykjavik, Iceland	

7 Kvalitetssikring av prosjektgjennomføring og resultater

Kvalitetssikringen med hensyn til gjennomføringen av prosjektet og resultatene som ble oppnådd er gjennomført i henhold til SINTEF sine standardrutiner.

8 Referanser

1. Thiex, N., L. Novotny, and A. Crawford, *Determination of Ash in Animal Feed: AOAC Official Method 942.05 Revisited*. Journal of AOAC International, 2012. **95**(5).
2. Bligh, E.G. and W.J. Dyer, *A rapid method of total lipid extraction and purification*. Can. J. Biochem. Physiol., 1959. **37**(8): p. 911-917.
3. Greiff, K., et al., *Innovative Nondestructive Measurements of Water Activity and the Content of Salts in Low-Salt Hake Minces*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014. **62**(12): p. 2496-2505.
4. Kivikari, R., *Analysis of sodium in meat products using an Na-selective electrode (in Finnish)*. Proc. of Meat Day Seminar, 1996. **536**: p. 64-66.
5. Bernardez, M., et al., *Modified Method for the Analysis of Free Fatty Acids in Fish*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005. **53**(6): p. 1903-1906.
6. Shantha, N.C. and D.E. A., *Rapid, Sensitive, Iron-Based Spectrophotometric Methods for Determination of Peroxide Values of Food Lipids*. Journal of AOAC International, 1994. **77**(2): p. 421-424.
7. Pegg, R.B., *Measurement of Primary Lipid oxidation Products*, in *Current Protocols in Food Analytical Chemistry - Section D.2.1*. 2001, John Wiley & Sons, Inc.
8. Ke, P.J. and A.D. Woyewoda, *Microdetermination of thiobarbituric acid values in marine lipids by a direct spectrophotometric method with a monophasic reaction system*. Analytica Chimica Acta, 1979. **106**(2): p. 279-284.
9. Gringer, N., et al., *Chemical Characterization, Antioxidant and Enzymatic Activity of Brines from Scandinavian Marinated Herring Products*. J Food Process Technol, 2014. **5**(346).

Vedlegg 1:

Rapport om salttoleranse hos Anisakis.

Forfatter:

Irja Sunde Roiha





Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no